

分类号 _____
U D C _____

密级 _____
编号 10741

兰州财经大学

LANZHOU UNIVERSITY OF FINANCE AND ECONOMICS

硕士学位论文

论文题目 工业化智能化如何影响城乡收入差距
——基于技能偏向性视角

研究生姓名: 孙永驰

指导教师姓名、职称: 陈冲教授

学科、专业名称: 应用经济学 劳动经济学

研究方向: 劳动力市场与就业

提交日期: 2022年05月30日

独创性声明

本人声明所呈交的论文是我个人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。尽我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示了谢意。

学位论文作者签名：孙永驰 签字日期：2022.5.30

导师签名：陈冲 签字日期：2022.5.30

关于论文使用授权的说明

本人完全了解学校关于保留、使用学位论文的各项规定，同意（选择“同意”/“不同意”）以下事项：

1. 学校有权保留本论文的复印件和磁盘，允许论文被查阅和借阅，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编学位论文；
2. 学校有权将本人的学位论文提交至清华大学“中国学术期刊（光盘版）电子杂志社”用于出版和编入CNKI《中国知识资源总库》或其他同类数据库，传播本学位论文的全部或部分内容。

学位论文作者签名：孙永驰 签字日期：2022.5.30

导师签名：陈冲 签字日期：2022.5.30

How Does Industrial Intelligence Affect the Urban-rural Income Gap: Based on The Perspective of Skill Bias

Candidate : Sun Yongchi

Supervisor: Chen Chong

摘 要

在新一轮的技术革命浪潮中，从人工智能、数字化、网络化等新技术发展而来的工业智能化席卷全球，深刻影响着社会与经济的发展。自 2008 年全球金融危机之后，一些西方发达国家为复苏经济并在新一轮的科技革命中抢占机遇，纷纷推进工业发展新模式，如美国的“工业互联网”与德国的“工业 4.0”。作为世界第二大经济体的中国同样高度重视工业智能化，先后提出各项战略规划，意在新产业竞争格局中占得制高点。以“数字化”和“智能化”为核心的工业转型对实现经济高质量发展具有重大影响。但历史发展的经验表明，科技革命在为经济发展添薪续力的同时，也可能带来财富分配格局的变化。新一轮科技革命虽然为我国进入国际科技前沿地带带来新机遇，但智能技术的广泛运用使程序化岗位与简单脑力工作被加速替代，由此可能导致财富流向少数人的态势加剧，收入分配状况恶化。收入分配问题是我国长期以来社会经济健康发展所面临的重大挑战之一，较大的城乡收入差距是其主要表现。在此背景之下，不断推进的工业智能化对城乡收入差距的影响及其作用机制值得探究，这对于制定改善工业智能化发展与城乡收入差距扩大二者并行现状的公共政策具有重要的现实意义。

本文先分析了工业智能化与城乡收入差距的现状事实。在此基础之上，从技能偏向性视角，理论分析了工业智能化对城乡收入差距的影响机制。并基于我国 30 个省份的面板数据，实证检验了工业智能化对城乡收入差距的机制影响与具体作用效应。研究结果表明：第一，工业智能化扩大了城乡收入差距，这一结论在经过稳健性检验与考虑内生性问题后依旧成立。第二，工业智能化通过拉大不同技能的劳动力需求和收入差异，即导致就业技能结构趋于高级化和技能收入差距逐渐扩大化，从而使城乡收入差距扩大，中介效应模型检验结果也表明二者呈现中介效应。第三，工业智能化对城乡收入差距的影响在不同地区中存在异质性。首先，在智能化发展水平较高的东部地区，工业智能化对城乡收入差距具有显著的扩大效应，但在智能化水平处于发展期甚至起步期的中、西部来说，该效应却不显著。其次，工业智能化在市场化水平较高地区的扩大效应弱于市场化水平较小地区的。最后，在城乡收入差距较大地区，工业智能化的拉大作用强于差距较小地区。文末，基于以上研究，提出在工业智能化发展中缓解城乡收入差距的相关政策启示。

关键词：工业智能化 城乡收入差距 技能偏向性 就业技能结构 技能收入结构

Abstract

In the new wave of technological revolution, industrial intelligence developed from new technologies such as artificial intelligence, digitization, and networking has swept the world, profoundly affecting the development of society and economy. Since the global financial crisis in 2008, some western developed countries have promoted new models of industrial development in order to recover their economies and seize opportunities in a new round of technological revolution, such as the "Industrial Internet" in the United States and "Industry 4.0" in Germany. As the world's second largest economy, China also attaches great importance to industrial intelligence, and has successively put forward various strategic plans to occupy the commanding heights in the new industry competition pattern. Industrial transformation centered on "digitization" and "intelligence" has a significant impact on achieving high-quality economic development. However, the experience of historical development shows that the scientific and technological revolution may also bring about changes in the pattern of wealth distribution, while adding to the economic development. Although the new round of scientific and technological revolution has brought new opportunities for China to enter the forefront of international science and technology, the widespread use of intelligent technology has accelerated the replacement of programmed jobs and simple mental work. This may lead to an intensified flow of wealth

to the few and a worsening of income distribution. Income distribution is one of the major challenges facing China's long-term social and economic development, and the large urban-rural income gap is its main manifestation. In this context, the impact of the continuous advancement of industrial intelligence on the urban-rural income gap and its mechanism are worth exploring. This has important practical significance for formulating public policies to improve the parallel status of industrial intelligence development and urban-rural income gap expansion.

This paper first analyzes the current situation of industrial intelligence and the urban-rural income gap. On this basis, from the perspective of skill bias, this paper theoretically analyzes the impact mechanism of industrial intelligence on the urban-rural income gap. And based on the panel data of 30 provinces in China, this paper empirically tests the mechanism and specific effects of industrial intelligence on the urban-rural income gap. The research results show that: First, industrial intelligence has widened the urban-rural income gap, and this conclusion still holds after robustness tests and consideration of endogeneity. Second, industrial intelligence increases the labor demand and income differences of different skills, that is, the employment skills structure tends to be advanced and the skill income gap gradually widens, thereby expanding the urban-rural income gap. The results of the mediation effect model test also show that two show a mediating effect. Third, the impact of industrial intelligence on the urban-

rural income gap is heterogeneous in different regions. First of all, in the eastern region with a high level of intelligent development, industrial intelligence has a significant expansion effect on the urban-rural income gap. However, in the central and western regions where the level of intelligence is in the development stage or even in its infancy, the effect is not significant. Secondly, the expansion effect of industrial intelligence in regions with a higher level of marketization is weaker than that in regions with a lower level of marketization. Finally, in areas with large urban-rural income gaps, the role of industrial intelligence in expanding is stronger than in areas with small gaps. At the end of the paper, based on the above research, relevant policy implications for alleviating the urban-rural income gap in the development of industrial intelligence are put forward.

Keywords: Industrial intelligence; Urban-rural income gap; Skill bias; Employment skill structure; Skill income structure

目 录

1 引言	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究意义	2
1.2.1 理论价值.....	2
1.2.2 现实意义.....	2
1.3 研究方法、内容与思路	3
1.3.1 研究方法.....	3
1.3.2 研究内容.....	3
1.3.3 研究思路.....	4
1.4 可能的创新点与不足	6
1.4.1 可能的创新点.....	6
1.4.2 研究不足.....	6
2 文献综述与理论基础	7
2.1 文献综述	7
2.1.1 关于城乡收入差距的相关研究.....	7
2.1.2 关于工业智能化的相关研究.....	9
2.1.3 工业智能化与城乡收入差距的相关研究.....	12
2.1.4 文献评述.....	14
2.2 理论基础	15
2.2.1 技能偏向性技术进步理论.....	15
2.2.2 二元经济结构理论.....	16
2.2.3 劳动力市场分割理论.....	17
3 工业智能化与城乡收入差距的现状及其发展趋势	19
3.1 工业智能化的现状	19
3.1.1 人工智能方面.....	19
3.1.2 工业机器人方面.....	22
3.2 城乡收入差距的现状	23

3.2.1 全国城乡收入差距现状.....	23
3.2.2 各区域城乡收入差距状况.....	25
3.3 本章小结.....	26
4 技能偏向视角下工业化智能化影响城乡收入差距的理论机制.....	27
4.1 技能就业结构的影响机制.....	27
4.2 技能收入结构的影响机制.....	29
4.3 本章小结.....	30
5 工业化智能化对城乡收入差距影响的实证检验.....	31
5.1 基准模型设定.....	31
5.2 指标选取与数据来源.....	31
5.2.1 指标选取.....	31
5.2.2 数据来源与说明.....	33
5.3 实证检验结果.....	33
5.3.1 基准效应回归.....	33
5.3.2 内生性问题处理与稳健性检验.....	35
5.3.3 工业化智能化对城乡收入差距影响机制检验.....	38
5.3.4 异质性检验.....	42
5.4 本章小结.....	44
6 研究结论及政策启示.....	45
6.1 研究结论.....	45
6.2 政策启示.....	45
参考文献.....	47
致谢.....	54

1 引言

1.1 研究背景

自改革开放以来,我国经济发展取得了举世瞩目的成绩。但创造奇迹的同时,中国经济仍然面临一系列重大挑战,持续拉大的收入差距问题则是其中之一。我国收入差距问题很大程度上是受城乡收入差距扩大的影响(李实,2020)。数据显示,2019年我国的城乡收入比为2.64^①。若再考虑到公有住房、医疗和教育补贴等各类隐性补贴后,城乡收入的实际差距则更大(李实和罗楚亮,2007)。城乡收入差距的扩大不仅会制约经济发展质量与长期经济增长(钞小静和任保平,2014;钞小静和沈坤荣,2014),甚至会提升社会刑事犯罪率,破坏社会稳定性(黄应绘和田双全,2011;吴士炜,2015)。

与此同时,新一轮的智能科技革命在世界范围内快速兴起,先进智能技术与工业部门的深度融合发展模式备受关注。“数字化”和“智能化”为核心的工业智能化改造正深刻影响着经济社会的方方面面,这种以智能技术为基础的工业转型不仅为不断上涨的劳动力成本提供新方案,而且将改变世界的分工格局。自2008年全球金融危机之后,一些西方国家为复苏经济并在新一轮的科技革命中抢占机遇,纷纷推进工业发展新模式。其中,最具代表性的为美国的“工业互联网”和德国的“工业4.0”。为在新的产业竞争格局中的占得制高点,在2015年,作为世界第二大经济体的中国颁布了《中国制造2025》计划,着重推进制造业转型升级,明确智能制造为重要目标,加速中国工业部门与先进智能技术不断融合。2017年,国务院出台《新一代人工智能发展规划》,对人工智能发展全面布局,为产业与智能技术的融合提供指导意见。

值得注意的是,以往产业革命主要表现对体力工作者的替代效应,而新一轮的科技革命却与先前有所不同,智能技术的广泛运用导致简单脑力劳动力被加速替代,使财富流向少数人的形势加剧,造成收入分配进一步被恶化(王一鸣,2020)。城乡收入差距作为中国收入分配最为重要的特征之一(陈斌开和曹文举,2013),其持续地扩大是否与工业智能化的推进有关?若有关,是通过怎样的机制影响的?

① 由《中国统计年鉴》相关数据计算获得。

在城乡收入差距持续扩大与工业智能化快速发展并存的背景下,工业智能化与城乡收入差距之间的关系值得探究。因此,本文将重点关注:一是工业智能化发展与城乡收入差距的关系;二是工业智能化通过何种途径作用于城乡收入差距。系统探究上述问题不仅有利于厘清工业智能化进程的收入分配效应,还对于制定改善工业智能化发展与城乡收入差距扩大二者并行状况的公共政策具有重要的现实意义。

1.2 研究意义

1.2.1 理论价值

工业部门与智能技术持续深度融合的潮流趋势下,分析城乡收入差距问题,显然绕不过正加速推进的工业智能化发展。然而以工业智能化视角讨论城乡收入差距的研究比较缺乏,二者间的作用机制研究更是如此。因此,本文将对工业智能化与城乡收入差距之间的关系进行理论分析和实证检验,进而揭示工业智能化影响城乡收入差距的结果以及作用路径,这即是对工业智能化收入分配效应研究的有益补充,同时也丰富了我国城乡收入差距的研究理论。

1.2.2 现实意义

城乡收入差距扩大问题是多因素较复杂的问题。在如今智能改革的大趋势下,不断推进的工业智能化极可能是扩大城乡收入差距的主要原因之一,二者之间的影响关系值得深究。据此,本文对工业智能化影响城乡收入差距的作用机制进行分析,探究工业智能化是通过哪些途径,进而影响了城乡收入差距。这不仅为制定改善工业智能化发展与城乡收入差距扩大二者并行现状的公共政策提供理论依据与经验支持,而且对促进城乡共享智能技术发展红利、实现共同富裕,均具有重要现实意义。

1.3 研究方法、内容与思路

1.3.1 研究方法

1.3.1.1 文献研究法

在通过整理阅读大量的论文和著作,全方位了解本文涉及主题的国内外研究进展和理论成果,梳理出有望可深入研究的部分。并在此基础上,参考与吸收重点研究文献的主要观点,构建工业智能化影响城乡收入差距的理论逻辑框架,进而提出本文相关假说。

1.3.1.2 实证分析法

本文以 2001-2017 年我国 30 个省份(除西藏和港澳台地区)为样本,运用双向固定效应模型与中介效应模型对工业智能化与城乡收入差距之间的影响及其机制进行实证研究分析。为处理反向因果和遗漏变量所带来的内生性问题,本文分别采用二阶段最小二乘法与增加可能遗漏的经济变量的方法对其进行克服。除此之外,文章还将通过更换计量模型与替换被解释变量的方式来提高本文主要结论的稳健性。

1.3.1.3 比较分析法

考虑到工业智能化对城乡收入差距的影响在不同地区或者不同经济环境可能存在差异,本文将全样本分别按照不同地区(东、中和西部)、不同市场化水平和不同城乡收入差距分类,对各子样本单独进行回归分析,通过对比不同环境下工业智能化估计系数的差异情况,进而分析工业智能化对城乡收入差距影响的异质性。

1.3.2 研究内容

智能技术在工业领域的应用不仅提高了生产效率,而且在日益严峻的人口老龄化背景下,为企业“用工难”、“劳动力成本高”等问题提供了新的解决思路与方案。但内含人工智能技术的智能设备的广泛运用,将对劳动力市场产生结构性冲击,进而加剧收入不平等,尤其是在城乡收入之间。因此,为了更科学、系统的分析工业智能化对城乡收入差距的影响效应,本文安排如下:

第一部分为引言。首先介绍本文的研究背景，引出研究意义，随之提出文章的研究方法与研究思路，最后对本文可能的创新点与不足之处进行简述。

第二部分为文献综述与理论基础。一方面，回顾国内外关于工业智能化、城乡收入差距以及两者之间关系的相关文献，梳理已有研究成果并提出本文的创新点，为下文研究做铺垫。另一方面，对技能偏向性技术进步理论、二元经济结构理论和劳动力市场分割理论进行综合整理。

第三部分是工业智能化与城乡收入差距的现状及其发展趋势。为对工业智能化与城乡收入差距的有关状况有一较为直观的认识，本文将运用相关数据与图表，对工业智能化与城乡收入差距现状及其发展趋势进行描述和分析。

第四部分为理论机制分析。较为详细地阐释了工业智能化与我国城乡收入差距之间的关系，即（1）工业智能化对我国城乡收入差距的影响；（2）工业智能化影响城乡收入差距的具体途径。

第五部分是实证检验部分。本文运用双效应的固定效应模型检验工业智能化对城乡收入差距的影响效应，以及通过中介效应模型检验就业技能结构与技能收入结构的作用机制。此外，本文还分析了工业智能化与城乡收入差距影响关系在不同区域、不同市场化水平和不同城乡收入差距地区间的异质性。

第六部分是本文主要结论及政策启示。主要对本文上述结论进行整理总结，并给出用于改善工业智能化不断发展与城乡收入差距持续扩大并存局势的相关政策启示。

1.3.3 研究思路

为更直观地表示出本文的研究思路，本文绘制如图 1.1 所示的技术路线图：

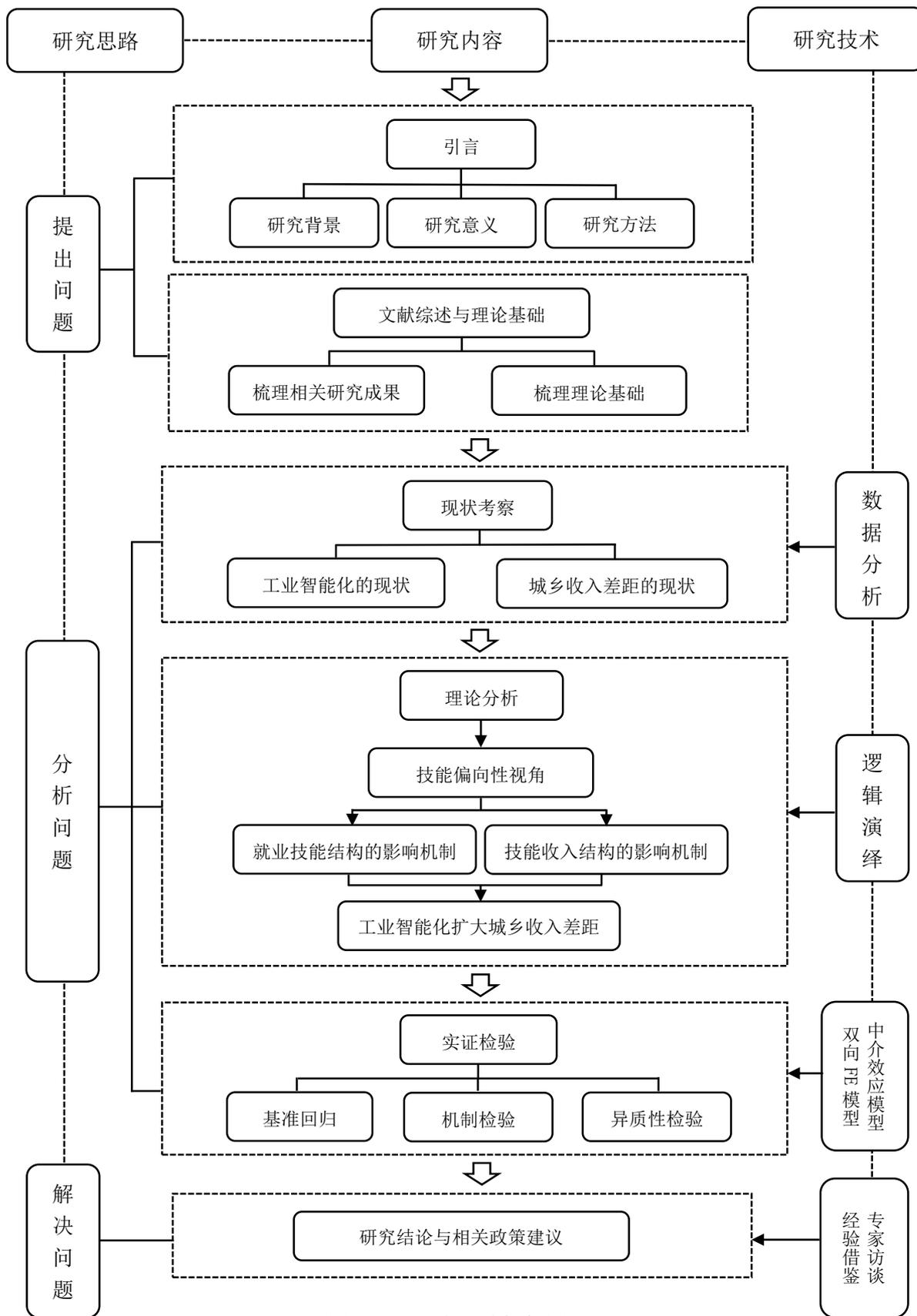


图 1.1 研究思路框架图

1.4 可能的创新点与不足

1.4.1 可能的创新点

智能化已然成为世界各国工业再升级的主要方式。把握这次历史机遇，对我国加速产业变革与迈进制造强国具有重要意义。工业智能化的发展伴随着对劳动力市场的冲击，将对收入分配产生一定的影响，显然在研究我国城乡收入问题时，不可忽略工业智能化这一因素。然而，当前鲜有研究分析工业智能化对城乡收入差距的影响。正因如此，本文在基于现有文献的研究成果之上，从技能偏向性视角出发，理论阐释和实证检验了工业智能化对城乡收入差距的影响及其作用机制，并且进一步对该影响在不同区域表现出的异质性进行了分析。文末，根据本文得到的主要结论提出相关政策启示，这对制定相应的公共政策，保障工业智能化对高质量发展发挥助力作用的同时，减缓或避免城乡收入分配情况恶化具有重要的应用价值。

1.4.2 研究不足

首先，在对工业智能化与城乡收入差距相关文献梳理过程中，受能力与理解水平限制，导致文献综述部分述多评少。其次，由于对主题涉及的经典理论与最新成果的掌握程度有限，使工业智能化与城乡收入差距关系的理论分析仍不够深刻，并且文章未通过构建数理模型对主要结论进行进一步验证，造成理论分析部分不够全面。最后，由于我国地域广阔，区域差异不仅体现在省份之间，也将体现在地级市之间。因数据的可获取性，本文仅采用了省级面板数据进行实证检验，但未能运用地级市层面的相关数据对工业智能化与城乡收入差距之间的关系进行经验识别。

2 文献综述与理论基础

2.1 文献综述

本章从三个方面对已有文献回顾梳理，一是关于城乡收入差距的研究文献，本文将从工业偏向理论、教育人力资本和二元经济理论三个视角展开进行回顾，二是关于工业智能化的研究回顾，主要分为工业智能化对劳动力市场的影响与工业智能化对生产率的影响两部分。三是工业智能化与城乡收入差距的相关文献回顾。

2.1.1 关于城乡收入差距的相关研究

逐步改善城乡之间收入差距已然成为我国经济社会发展的重要任务之一。农村居民相对较低的收入不仅不利于以国内大循环为主体、国内国际双循环相互促进的新发展格局的构建，还将阻碍共同富裕目标的实现。为此，学术界进行了大量的研究，尝试解释城乡收入差距扩大这一现象。通过梳理现有文献发现，学者们主要从工业偏好理论、教育人力资本和二元经济结构三个角度来分析城乡收入差距。

2.1.1.1 工业偏好理论与城乡收入差距

关于中国城乡收入差距的文献浩如烟海，当中研究多以工业偏好角度展开讨论。一些学者认为优先重工业的发展战略是中国收入差距扩大的主要原因之一。陆铭和陈钊（2004）通过对省级面板数据进行分析，不仅发现城市化降低了城乡收入差距，还发现采取城市倾向的经济政策将会扩大城乡收入差距。而这些倾向城市的政策都是源于优先重工的发展战略（林毅夫等，1994）。陈斌开和林毅夫（2013）利用省级面板数据实证检验，得出优先重工业发展的战略使得城乡收入差距扩大，由于重工业的特性和发展中国家的客观条件，在发展中国家采取优先重工的发展战略，会降低工业部门吸收就业能力和城市化程度，在二元经济结构与土地规模报酬递减的情况下，城市化程度降低，阻碍了农村劳动力向城市转移，导致城乡收入差距扩大。还有学者探索了工业化与城乡收入差距之间的关系。许秀川和王钊（2008）建立联立方程，运用中国省级面板数据分析，发现工业化与

中国城乡收入差距之间存在恶性循环,表现为工业化将扩大城乡收入差距,城乡收入差距会阻碍工业化发展。肖卫(2010)构建城乡收入差距模型并运用中国经验进行检验,得出工业化水平提升与城乡收入差距扩大现象并存,像优先发展工业这类倾向工业化的政策将会加剧城乡收入差距。陈秧分和何琼峰(2016)根据发展经济学理论,分析得到工业化与城乡收入差距存在理论关系,即工业化会减小城乡收入差距,但在实证分析中发现,在一些现实客观因素下,由于农业转移劳动力主要就业于工资相对较低的传统行业,使得农村家庭的收入增长水平受限,导致工业化在多数省份中扩大了城乡收入差距。

2.1.1.2 教育人力资本与城乡收入差距

长期以来,中国教育政策具有一定的“城市偏向性”,这使得教育投入主要集中于城镇地区,乡村地区教育资源相对匮乏。这种教育上的失衡正是城乡发展不均衡的主要表现之一。陈斌开等(2010)研究发现教育水平差异是导致城乡收入差距拉大的重要因素,而这种城乡间教育不平局面主要是由于教育经费政策向城镇倾斜,城镇居民获得更多教育投资,使其人力资本水平高于农村居民,从而进一步恶化城乡收入差距。吕炜等(2015)构建联立方程组进行经验分析,结果发现从长期来看,城乡之间的教育不平等将对城乡收入差距产生扩大效应,而且城乡收入差距还将反过来加剧城乡之间的教育不平等。

因此,为缓解城乡之间的收入差距,就必须重视教育人力资本。有学者认为提高农村居民的教育程度有助于提高其收入水平。方超(2017)运用中国收入调查数据,基于经典明瑟收益函数进行分析,研究发现农村居民受教育水平的提高,有益于获得更高的工资性收入。对于农村剩余转移劳动力而言,教育培训将有益于其工资收入的提高,随着教育水平的提高与人力资本的加强,农村转移劳动力对教育的需求也将增加,较高的教育水平带来较高收入,进而支撑农村劳动者支付教育培训的能力,促成良性循环(任远和陈春林,2010)。还有学者发现增加教育经费投入有助于缩小城乡收入差距。李昕和关会娟(2018)基于省级面板数据,探究小学、初中、高中和本专科各级教育经费投入对城乡收入差距的影响,实证结果表明各级教育经费的增加都将导致我国城乡收入差距减小,并且对城乡居民的收入均产生促进作用。田盈等(2020)采用系统GMM实证分析了职业教育对城乡收入差距的影响,结果显示增加职业教育经费与提高职业教育质量均对

城乡收入差距起到缓解作用。

2.1.1.3 二元经济结构与城乡收入差距

二元经济结构对城乡收入差距将产生怎样的影响？学者们较为一致地认为二元经济结构的优化对城乡收入差距的缩小有益。Lewis（1954）提出在发展中国家经济中，传统农业部门人口规模大，但由于边际生产力较低，将产生大量的剩余劳动力，进而使农业部门与工业部门的收入状况存在较大差距。在此之后，大量剩余劳动力将从农业部门流向工业生产部门，为其提供无限劳动力，这种转移会缩小两部门之间的工资差距，使城乡收入差距得到缓解。Ranis 和 Fei（1961）认为二元经济结构的逐步改善会使城乡收入差距缩小。

中国经济是典型的二元结构，即传统农业部门与现代部门并存。陈宗胜（1991）认为二元经济结构是影响城乡之间收入差距的重要原因。国家统计局农调总队课题组（1994）提出中国城乡二元经济结构是中国城乡收入差距主要决定因素。在二元经济结构转换的过程中，应该着重于为农村剩余劳动力的转移创造良好的外部条件（张桂文和王旭升，2008）。农村剩余劳动力的转移有助于城乡收入差距的缩小。万晓萌（2016）运用空间计量经济学，探究农村劳动力与城乡收入差距之间的关系，研究发现农村剩余劳动力迁移不仅缩小本区域内的城乡收入差距，而且还具有空间溢出效应，即有助于其他相邻地区的城乡收入差距缩小。胡小丽（2021）从多方面阐释了农村人口转移对城乡收入差距影响机制，进而探究二者之间存在的关系，并且还运用地级市的面板数据对其进行实证检验，研究发现农村人口转移对城乡收入差距产生缩小作用，同时在异质性分析中得出在人口数量较多以及与中心城市中等距离的地区这一缩小效应更为明显。除此之外，还有研究发现城乡收入差距也是影响农村劳动力转移的重要因素（范晓非等，2013）。

2.1.2 关于工业智能化的相关研究

新一轮工业革命在世界风靡流行，正逐渐改变着全球分工结构，一些西方国家为此提出相应的战略计划。作为世界第二大经济体，我国为促使工业部门与智能技术持续深度融合，推出《中国制造 2025》战略，一些地方政府更是积极鼓励智能化制造，出台了相关的战略与规划，致使我国智能改造进程进入加速模式。可以预期工业智能化作为解决劳动力成本不断上涨问题的新方案，其导致的生产

方式变革与更高的自动化水平，将对经济与社会发展产生深刻影响。在关于工业智能化的已有文献中，学者们主要集中于探究工业智能化对劳动力市场以及生产率的影响。因此，下文将从劳动力市场和生产率两个方面，对工业智能化的研究成果进行梳理评述。

2.1.2.1 工业智能化对劳动力市场的影响

智能改造的首要手段就是引入先进智能设备，进而使工业生产达到更高的自动化水平，实现了生产效率的提高。但智能设备会取代原有劳动者，导致“技术性失业”，可以看出工业智能化对劳动力市场的影响是较为明显与直接的。在现有研究中，探究智能技术与劳动力市场关系的文献已较为丰富，其中大多数学者关注于工业智能化对就业或就业结构的影响。如 Acemoglu 和 Restrepo(2017a) 分析了机器人的广泛运用对美国就业状况的影响，研究发现随着机器人不断投入，美国就业岗位将减少。孙早和侯玉琳(2019)从理论与经验两个方面考察工业智能化与中国就业结构之间的关系，从整体上看，工业智能化进程所导致中国劳动力市场的“两极化”，即高低技能劳动力需求增加，中等技能劳动力需求减少，但在部分地区，由于生活成本较高，工业智能化将对低技能劳动力起替代效应，导致就业结构“单极化”。孔高文等(2020)基于我国机器人在地区和行业层面的相关数据，探究了机器人对我国劳动力市场的影响，结果得出机器人投入规模的扩大将导致我国就业水平的降低，并且在一些机器替代性较强的行业，这种情况更为明显，在低学历劳动力占比较多地区，这种冲击更为严重。王文(2020)理论阐释了工业智能化对就业的影响机制，并基于 2009 年-2017 年中国省级面板数据进行实证研究，结果发现工业智能化对不同部门就业份额产生不同影响，即导致制造业就业比重的减少与服务业(尤其现代服务业)就业比重的增加，这促使部门间的就业结构高级化，进而实现高质量就业。

除此之外，还有部分学者探究了工业智能化对劳动力报酬的影响。DeCanio(2016)研究机器人的使用对工资水平的影响，发现当机器人对劳动力的替代弹性大于 1.9 时，机器人运用量与劳动者工资水平呈负向关系，即机器人的投入使用导致劳动力报酬下降。杨晓锋(2018)理论分析了智能化对制造业平均工资的影响及其机理，并通过 17 个省市的面板数据进行实证检验，研究发现制造业智能化将通过提升人力资本水平与优化人力资本结构，进而促进制造业劳动力平均

工资的增长,但现阶段这种影响作用较小。赵丹丹和周世军(2021)利用工业机器人相关数据进行实证研究,结果发现在工业机器人对工资水平的影响在不同行业存在差别性,在机器人密度较高行业,二者呈现负向关系,机器人的运用将导致劳动报酬下降,然而在密度较低行业,使用工业机器人对工资水平将起到促进作用。

2.1.2.2 工业智能化对生产率的影响

作为第一生产力,科技是推动经济社会发展的重要动力。在如今众多科技创新中,人工智能是最不可忽视的技术之一,它正不断改变着产业的生产方式与人们日常的生活。随着智能技术的不断发展,智能化发展对生产力的影响日渐明显,学术界早已对工业智能化与生产率之间的关系展开了广泛讨论与深入探索。

大多数学者认为工业智能化对生产率造成促进作用。Graetz 和 Michaels (2015)发现,在一些国家,劳动生产率与全要素生产率会由于机器人的投入而增加,并且运用机器设备有助于他们经济增长率的提高。王兵和王启超(2019)利用企业调查数据进行实证研究发现,改善资源错配是提升制造业全要素生产率的重要手段,对于工业智能化而言,正是通过这一途径实现对全要素生产率的促进作用,特别在一些高技术制造业,这种促进作用还更为明显。刘亮和胡国良(2020)运用 IFR 的工业机器人数据,实证检验了智能技术的应用对我国制造业全要素生产率的影响,研究结果表明,工业机器人的广泛使用有助于全要素生产率的提升,其作用机制为智能技术的应用通过提升技术效率,进而对全要素生产率产生促进作用,同时这一影响在不同行业之间存在异质性,在高中技术制造业中较为明显。李廉水等(2020)利用面板数据,分析了智能化对于我国制造业全要素生产率的影响,实证结果可知智能化对全要素生产率具有促进作用,同时,在不同区域,这一关系也存在不同,即智能化并不能有效提升东部地区的全要素生产率,但在中与西部地区却实现了对全要素生产率的推进作用。魏玮等(2020)基于我国省级面板数据,运用面板平滑转换模型探究工业智能化与全要素生产率之间的关系,研究发现工业智能化与全要素生产率之间呈现正向关系,随着智能设备的投入,促使企业生产规模化,进而提升了产量水平,同时,随着工业智能化推进,高技能劳动力占比的提高最终将推动全要素生产率的提升,促使经济增长。陈永伟和曾昭睿(2020)运用我国省级面板数据,实证研究了工业机器人对

全要素生产率的影响及其作用机制，结果表明，工业机器人通过改善技术效率与提高规模效益，进而对全要素生产率产生促进作用，并且这种促进作用仍存在较大发展空间。

也有部分学者持有不同观点，认为工业智能化并不能使生产率产生实质性的增长，存在“索洛悖论”。Acemoglu 和 Restrepo (2018a) 认为被过度使用的智能技术将导致资本与劳动生产要素配置不当，进而会抑制生产率的提高。范晓男等 (2020) 运用我国上市制造业企业相关数据，探究智能技术的使用对制造业企业的全要素生产率的影响，研究发现，整体上人工智能技术的运用促进了全要素生产率的提升，但企业的市场份额业绩会负向调节这种促进作用，一些市场份额较好的企业可能会存在“索洛悖论”。郑琼洁和王高凤 (2021) 探究了人工智能技术的运用对我国制造业企业全要素生产率影响的区域异质性，实证结果发现在我国东北地区存在“索洛悖论”，这主要是由于该地区智能发展水平较低，制造企业智能改造能力较弱，并且人工智能技术与其制造业生产水平匹配度不高，生产要素的供给也不能很好满足智能化的需求，应用先进智能技术将导致制造业原有研发能力与资本深化程度减弱，最终抑制人工智能对生产率的促进作用，产生“索洛悖论”现象。

2.1.3 工业智能化与城乡收入差距的相关研究

工业智能化本质上是技术进步的结果。一直以来，技术进步的收入分配效应都是经济学界中讨论的热点话题。技术进步对收入分配的影响主要是由于技术进步并不是总表现为中性无偏的，而是常为有偏的。在早期相关研究中，发现技术进步表现技能偏向性，即技术的使用会有利于高技能劳动力 (Berman 等, 1998; Autor 等, 1998)，而且这种特性会引起技能溢价产生收入差距。(Katz 和 Murphy, 1992; Krueger, 1993)。Acemoglu (1998, 2002a) 观察到美国劳动者工资收入差距扩大的现象，认为由于技术进步的技能偏向性，会提高高技能劳动力的需求和工资，降低低技能劳动力的需求和实际工资，使得收入差距扩大。宋冬林等 (2010) 使用时间序列数据检验我国技术进步是否表现为技能偏好性，实证结果表明技术进步提高了技能劳动者需求，继而改变了劳动市场的工资结构产生技能溢价，验证了中国技术进步具有技能偏好性。董直庆等 (2014) 通过引入个体

的教育决策，将技能劳动供给过程视为内生，研究多种技术进步对技能溢价的影响和作用机制，发现中国技术进步的技能偏向性正不断加深，导致技能与非技能劳动力收入差距扩大，诱发技能溢价。

鲜有文献直接研究工业智能化的收入分配效应，在相关的话题中，大多学者则是关注于人工智能技术和工业机器人收入分配问题。

物化于智能设备中的人工智能技术为工业智能化提供驱动力。人工智能是现阶段最具代表性的技术进步，较多学者以人工智能为出发点讨论收入分配。蔡跃洲和陈楠（2019）运用归纳演绎法分析人工智能四项特征，并结合相关数据表现的趋势，探究人工智能对经济增长，就业和收入分配的影响，发现人工智能的运用不仅会促进经济高质量发展和冲击劳动力就业结构，而且在收入分配方面，减少了劳动力要素在初次分配中的占比，由人工智能造成的劳动市场就业结构变化还会进一步变为不同劳动力的收入差距。朱琪和刘红英（2020）从人工智能技术特征出发，将人工智能对收入分配效应分为功能性和规模性收入分配效应，梳理已有研究得出人工智能的偏向性特征诱发技能溢价以及劳动技能需求极化，导致劳动力收入差距扩大。惠炜和姜伟（2020）在已有研究的基础上，发现人工智能的应用降低了要素收入分配中劳动收入份额，减少了低技能群体的工资，压缩了中等收入群体，影响收入分配引起收入差距。除此之外，还有学者考察了人工智能应用对不同行业或部门之间收入分配的影响。邓翔和黄志（2019）研究人工智能对行业收入差距的影响，结果发现在人工智能导入时期，智能技术通过就业、教育程度以及行业生产效率三种途径导致收入差距大小先增后减。王林辉等（2020）通过加入高、低技术部门的 AR 模型，分析人工智能对收入分配的机制分为就业结构更替的岗位更迭效应与劳动收入份额变化的生产率效应，并做了定量评估，得出人工智能通过上述两种效应扩大了中国高低技术部门的收入差距，还发现岗位更迭效应在低技术部门更多的表现为岗位自动化增加，在高技术部门则为新劳动岗位被创造。

机器人的使用是工业智能化改造的重要方式。部分学者关注于机器人的运用对不同劳动力收入的异质性影响。Dauth 等（2017）研究了机器人的使用对制造业工人的影响，结果发现，机器人的使用并没有增加现有工人的离职风险，反而那些与机器人接触更多的工人更有可能留在原来的工作场所，这种内部工人提高

工作稳定性的代价是工资的降低，但在不同技能劳动力间这种影响有很大差异，高技能工人往往在工作稳定性和工资方面都受益，而中级技术工人受到巨大的收入损失，即在现有工作上更低的工资。杜传文等（2018）构建含有工业机器人资本与不同技能劳动力的生产模型，通过 21 个国家和地区的数据，验证了大规模使用机器人不仅会增加对高技能劳动力需求，还将影响不同技能劳动的收入份额，即扩大高、低技能劳动力间的收入差距。随着深度学习等技术的发展突飞猛进，那些一度被认为不会被取代的高技能职业也受到“威胁”（程虹等，2020）。Acemoglu 和 Restrepo（2018b）认为在生产过程中，高、低技能劳动力都会与机器竞争，并把机器相应地划分为高和低技能自动化，设计包含这两种自动化的任务模型，讨论自动化对工资收入的影响，研究发现自动化取代了与之相对应的技能劳动力和降低了该技能劳动力工资，并且对收入不平等造成的影响，即低技能自动化会加大不平等，而高技能自动化会减缓差距。

2.1.4 文献评述

由上述分析可知，首先，关于直接讨论工业智能化与城乡收入差距二者关系的研究较为缺乏，其中作用机制也是如此。在工业智能改革的大浪潮之下，急需深入研究二者之间的关系与其作用路径，这将为解决工业智能化加速进程中如何避免城乡收入差距被扩大问题提供理论支持。其次，多数文献认为内涵于先进设备中的智能技术常常表现出技能偏向特征。在中国城乡劳动力技能结构存在极大差异的客观事实下，这一重要特征显然是研究工业智能化对城乡收入差距的影响及其机制的关键切入点，然而鲜有研究从技能偏向角度展开讨论该问题，相关研究需要进一步加强。

因此，本文相比现有文献做出如下边际贡献：①基于技能偏向性视角，从就业技能结构和技能收入结构两个层面，对工业智能化影响城乡收入差距的机制进行理论阐释和实证检验；②分析工业智能化对城乡收入差距影响的区域异质性，即在不同地区（东、中和西部）、不同市场化水平和不同城乡收入差距水平下该影响效应存在的差异。

2.2 理论基础

2.2.1 技能偏向性技术进步理论

1920年,英国著名经济学家Pigou对技术进步表现的要素偏向性进行讨论,将导致资本与劳动之比下降的技术进步视为资本节约型技术进步,将导致资本与劳动之比上升的技术进步视为劳动节约型技术进步,将使二者之比不变的技术进步视为中性技术进步。这种偏向性技术进步的定義仅涉及生产要素的投入量,对于价格、生产率和替代弹性等因素并未考虑,是一种相对简单的定义。

Hicks(1932)对偏向性技术进步做出更为全面的描述,以生产要素之间的边际产出差异为依据,区分技术进步的类型。在不变的资本要素与劳动要素投入之比下,技术进步将影响这两种生产要素的相对边际产出,若技术进步更有助于提升资本边际产出,则视为偏向资本的技术进步,若更有助于增加劳动的边际产出,则视为偏向劳动的技术进步,若二者相对边际产出不变,则视为中性技术进步。

随后,Acemoglu(2002b)进一步延展,研究技术进步与任意两种生产要素边际产出之比之间的关系,若技术进步更有益于某一要素的边际产出,则认为技术进步偏向这一要素,假设产出是高、低技能劳动的函数,进而得出两种类型的技术进步,即高技能偏向性技术进步与低技能偏向性技术进步。

若CES生产函数,

$$Y = \left[\omega(A_h L_h)^{\frac{\varphi-1}{\varphi}} + (1-\omega)(A_l L_l)^{\frac{\varphi-1}{\varphi}} \right]^{\frac{\varphi}{\varphi-1}} \quad (2.1)$$

该式中生产要素 L_h 表示高技能劳动,生产要素 L_l 表示低技能劳动, φ 表示替代弹性。 A_h 代表高技能增强型技术进步,其定义是 $\frac{\partial Y}{\partial A_h} = \frac{L_h}{A_h} \frac{\partial Y}{\partial L_h}$,这表明高技能增强型技术的进步,使高技能劳动力的边际产出提高,也即 $\partial(\partial Y / \partial L_h) / \partial A_h > 0$ 。 A_l 代表低技能增强型技术进步,其经济含义与高技能增强型技术进步 A_h 相似。

根据上式可知,高技能增强型技术进步不仅对高技能劳动的边际产出有提升作用,而且还增加低技能劳动的边际产出,即 $\partial(\partial Y / \partial L_l) / \partial A_h > 0$ 。至于高技能增强型技术进步对哪种生产要素的边际产出的影响更大,这取决于替代弹性。由

式 (2.1) 可得如下数学表达式:

$$\frac{\partial \left(\frac{MP_h}{MP_l} \right)}{\partial A_h} \begin{cases} > 0, & \text{当 } \varphi > 1, A_h \text{ 为高技能偏向性技术进步} \\ = 0, & \text{当 } \varphi = 1, A_h \text{ 为中性技术进步} \\ < 0, & \text{当 } \varphi < 1, A_h \text{ 为低技能偏向性技术进步} \end{cases} \quad (2.2)$$

也就是说,在替代弹性大于 1 的情况下,高技能增强型技术进步对高技能劳动的边际产出的提升程度更大,进而对高技能劳动力的需求更高,这种高技能增强型技术进步被称之为高技能偏向性技术进步。在替代弹性小于 1 的情形下,高技能增强型技术进步对低技能劳动的边际产出的提升程度更大,对低技能劳动力的需求更高,这被称之为低技能偏向性技术进步。在替代弹性等于 1 的情况下,高技能增强型技术进步不偏向任何生产要素,表现为中性技术进步。在国内外相关研究中,通常将提升高技能劳动者的相对供给与工资水平的技术进步称之为技能偏向性技术进步。技能偏向性的技术进步意味着高技能劳动者更加受益,使高技能劳动力需求增加的同时,也提升了高技能劳动者的工资水平。

2.2.2 二元经济结构理论

著名经济学家 Lewis 在《无限劳动力供给下的经济发展》一文中提出二元经济结构理论,以此试图解释城乡二元结构对经济发展的影响。该理论指出,发展中国家的经济结构是由技术落后的传统农业部门与现代化的工业部门构成,其中传统农业部门人口规模大,边际生产力较低,存在大量的剩余劳动力,现代化的工业部门运用大机器等机械设备,边际生产力较高。由于农、工部门间的收入状况存在差距,由于收入到较高工资的吸引,剩余劳动力将农业部门流入工业部门,直至两部门的劳动生产率一致,此时劳动力转移达到均衡,二元结构逐渐消除,最终转变为一元结构。在此过程中,工农部门的发展不均衡伴随着城乡之间的不均衡,其中在收入上的不均衡是最为直观的表现。我国二元经济特征较为显著,一直以来,由于实施城乡二元的政策,城镇居民就业相对充分,而农村地区存在大量剩余劳动力,城乡间的就业状况直接关系到城乡收入状况,而户籍制度的存在,阻碍了部分农村剩余劳动力的转移,这将一定程度上恶化我国城乡收入差距。

现有研究中,对二元经济结构的测度方法主要分为三种。第一种是通过部门的比较劳动力生产率进行判断,某部门的比较生产率是由该部门的产值占总产值

(收入占总收入)的比重与劳动力数量占总劳动人数的比重相除获得。具体公式如下:

$$\text{农业部门: } CLP_1 = \frac{Y_1/Y}{L_1/L} \quad (2.3)$$

$$\text{非农业部门: } CLP_2 = \frac{Y_2/Y}{L_2/L} \quad (2.4)$$

式中, Y_1 、 Y_2 分别是指农业与非农业部门的产值(收入), L_1 、 L_2 分别是指农业与非农业部门的劳动力数量, Y 、 L 为总产值(总收入)与总劳动人数。显然, $Y_1 + Y_2 = Y$, $L_1 + L_2 = L$, 农业部门的比较劳动生产率往往小于 1, 而非农部门的则大于 1, 二者间的比较劳动生产率的差值越大, 意味着二元经济结构越强。

第二种测度方法是以第一种方法为基础构建的, 即通过二元生产率对比系数反映二元经济结构的程度, 相关公式如下:

$$R_1 = \frac{CLP_1}{CLP_2} = \frac{Y_1/Y}{L_1/L} / \frac{Y_2/Y}{L_2/L} \quad (2.5)$$

理论上, 二元生产率对比系数 R_1 大小处于 0 和 1 之间, 为 0 时, 说明农业部门的比较劳动力生产率也为 0, 二元结构最明显, 为 1 时, 表明两部门比较劳动生产率一致, 经济结构已转化为一元。可以看出该指标大小与二元经济结构强弱为反向关系, 即二元对比系数越大, 说明二元经济结构越弱, 反之则越强。

第三种则是通过二元反差系数对二元经济结构进行测度, 公式如下:

$$R_2 = \frac{1}{2} \left(\left| \frac{Y_1}{Y} - \frac{L_1}{L} \right| + \left| \frac{Y_2}{Y} - \frac{L_2}{L} \right| \right) \quad (2.6)$$

二元反差系数 R_2 数值大小也是处于 0 和 1 之间, 该指标大小与二元经济结构强弱为正向关系, 即二元反差系数越大, 表明二元经济就越强, 反之则越弱, 当 R_2 为 0 时, 意味着二元结构被消除, 经济结构转为一元。

2.2.3 劳动力市场分割理论

新古典劳动经济学假定劳动力市场通常表现出一元特性, 认为劳动者的劳动力商品是同质的, 并且工资可使劳动力市场中的供给与需求达到平衡。然而, 随着劳动力歧视、劳动关系矛盾加剧和劳动力工资差距持续扩大等问题的出现, 学者们发现传统理论无法对这些现象进行解释, 因此他们开始针对劳动力市场的运作机制提出了不同的见解, 认为提出劳动力市场并不是统一的、一元的, 而是一个存在结构性分割的市场, 否定了传统劳动力市场的相关假设, 同时强调社会因

素与制度因素对劳动力市场的影响不可忽略,这类观点即为劳动力市场分割理论。

Doeringer 与 Piore 最早提出二元劳动力市场分割理论,指出在种种因素的作用下,劳动力市场将被分割为一级劳动力市场和二级劳动力市场两个部分。在一级劳动力市场中,劳动者就业稳定,工资水平较高且粘性强,而在二级劳动力市场中情况与之相反,劳动者工资水平往往较低,工作不稳定和缺乏升迁机会。除此之外,不同劳动力在市场间流动转移的难易程度是有差异的。一级劳动市场的劳动力可以相对自由地进出二级市场,但对于二级劳动市场的劳动者而言,由于各种非经济因素的存在,使二级市场劳动力进入一级市场就业较为困难。

具体到中国,由于户籍制度的存在,城乡劳动力市场之间存在分割。自 90 年代末期开始,我国虽然不断推出一系列户籍制度改革措施,一定程度上促进了农村劳动力的转移,但这仍不能很好地满足于我国市场经济发展的要求。与此同时,由户籍制度衍生的教育、养老和住房等方面的相关制度政策,使劳动力在城乡劳动力市场间的流动受到的阻碍被进一步固化,进而加剧了城乡分割局面。

除了城乡劳动力市场的分割,我国城镇劳动力市场中还存在着—、二级劳动力市场分割。具体而言,城镇就业市场的劳动力并不是同质的,存在着城镇本地劳动力与农村转移劳动力二元劳动力,他们在福利薪酬、技能水平和就业难易度等方面差异较大,在一级劳动力市场中劳动力工资收入较高,具有福利待遇较好、技能培训机会较多等方面的优势,大多数为城镇本地劳动力,而二级劳动力市场中,劳动者常常面临就业歧视问题,并且工资水平较低,技能学习机会较少,福利待遇相对较差,主要以农村转移劳动力为主(范洪敏和穆怀中,2017)。这就意味着当工业智能化对劳动力市场进行冲击时,由于这种城镇就业市场异质性的存在,一级市场的城镇本地劳动力和二级市场的农村转移劳动力所受到的影响是具有差异性,在理论阐述工业智能化对城乡收入差距影响的过程中需要高度重视这一特性。

3 工业智能化与城乡收入差距的现状及其发展趋势

本章将展示工业智能化与城乡收入差距现状及其发展趋势，为分析工业智能化对城乡收入差距的影响做铺垫。

3.1 工业智能化的现状

为了对工业智能化发展现状有一较为直观的认识，本部分将从人工智能与工业机器人两个方面对工业智能化现状展开分析。其中，人工智能技术现状情况是通过人工智能的相关论文发篇数与专利申请数两个角度进行描述，工业机器人现状是利用工业机器人安装量数据进行描述。

3.1.1 人工智能方面

智能技术深刻影响着现代社会国民经济的各个部门，全球越来越多国家和地区开始关注人工智能，相继出台各项国家战略，推动人工智能产业的发展。人工智能技术是工业智能化改造的核心驱动力，其发展水平与工业智能化密切相关。据此，本文将从人工智能论文产出和专利申请量两个角度去分析人工智能技术现状。

3.1.1.1 人工智能论文产出

本文采用顶级期刊与会议^①上关于人工智能论文的发表情况来展示近些年来人工智能技术发展状况。根据图 3.1 可知，从 2010 年至 2019 年，人工智能领域产生了大量高水平论文，发表篇数在 2019 年达到最大值 18238 篇。从发展趋势上看，人工智能高水平论文发表篇数除了在部分年份出现幅度较小的下降，其余年份均表现为上升，整体来看，人工智能高水平论文篇数在 2010 年至 2019 年期间表现为稳定上涨趋势。由此可知，人工智能近些年来发展迅速，取得了大量的研究成果。

^① 此处选取的人工智能领域顶级期刊与会议的范围与具体名单详见《人工智能发展报告 2020》。

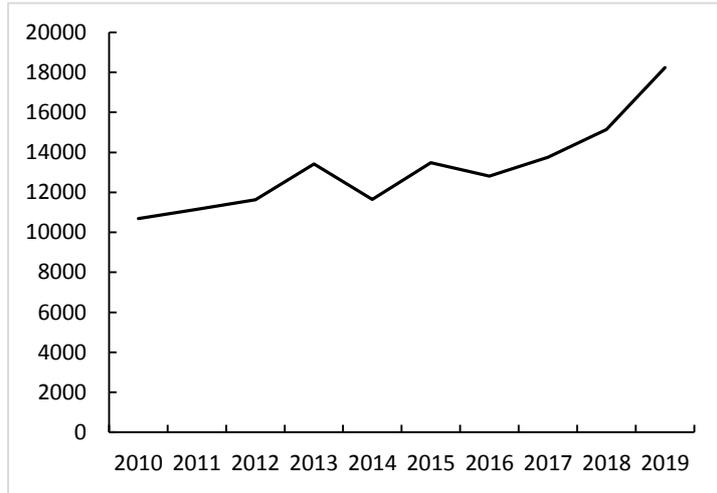


图 3.1 2010 年-2019 年人工智能高水平论文发表篇数变动趋势
数据来源：《人工智能发展报告 2020》

图 3.2 展示 2010 年至 2019 年发表人工智能高水平论文篇数前十的国家。由图可知，首先，排名前两名分别是美国与中国，二者论文发表数量独一档，远远多于其他国家，位于第二名的中国几乎是第三名德国的 3.7 倍左右。其次，排名三至六名的依次为德国、英国、日本和加拿大，这些国家的发文量在排名中处于中游位置，属于同一水平。最后，七至十名的法国、韩国、意大利与澳大利亚的高水平论文发表量相对较低，互相之间的差距较小。

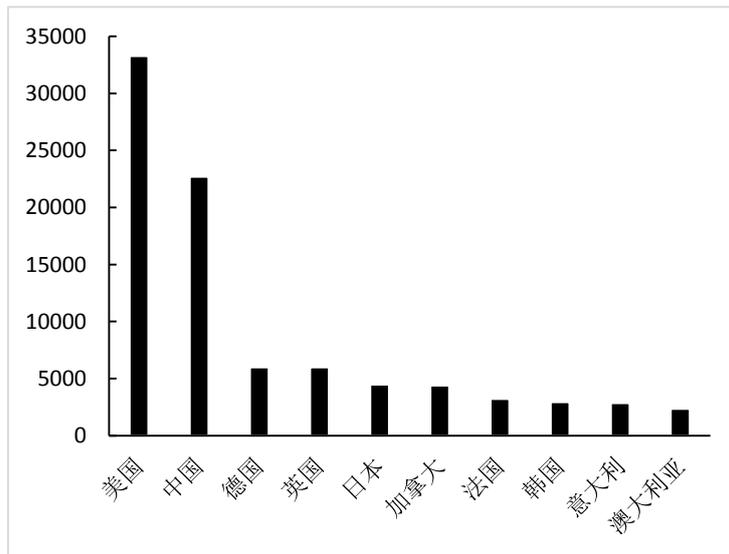


图 3.2 2010 年-2019 年发表人工智能高水平论文篇数前十国家
数据来源：《人工智能发展报告 2020》

3.1.1.2 人工智能专利申请

进一步,通过人工智能专利申请数量情况来描述近些年来人工智能技术发展状况。根据《人工智能发展报告 2020》可知,近些年来,全球人工智能专利申请数量呈现总体上涨趋势,专利申请总量突破 50 万,其中人工智能专利申请数量占比高达 74%左右,位居世界第一。如图 3.3 所示,人工智能专利申请数量排行前三的分别为中国、美国与日本,中国申请数量几乎达到 40 万,是第二名美国的 8 倍以上,处于全球领先地位。

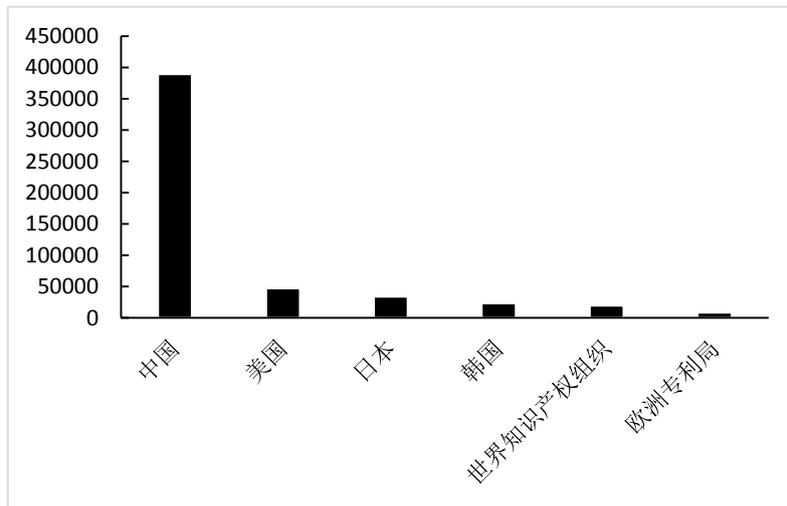


图 3.3 人工智能专利申请数量靠前的国家和地区
数据来源:《人工智能发展报告 2020》

专利情况一定程度上反映一个国家对科技成果的应用情况。由《人工智能发展报告 2020》可知,从整体上看,我国关于人工智能的专利申请数量呈现逐年上涨,这体现出我国智能科技水平的不断提高以及经济社会对人工智能技术应用的高度重视。根据图 3.4^①,进一步从我国人工智能专利申请量的省(市)分布来观察,排名前十位的依次为广东、北京、江苏、浙江、上海、四川、山东、安徽、陕西、湖北,其中广东省位居第一,处于全国领先地位,其人工智能专利申请数量不仅超过 7 万,而且还大幅度领先于第二名的北京。在区域层面上,我国东部地区整体人工智能专利申请量相对较高,前五名的省(市)均来自于东部地区,前十名中有 6 个东部省(市)。这可能是由于区域间的经济发展、研发投入以及智能技术水平等因素的差异所导致的。

^① 由于数据可得性原因,未含港澳台地区。

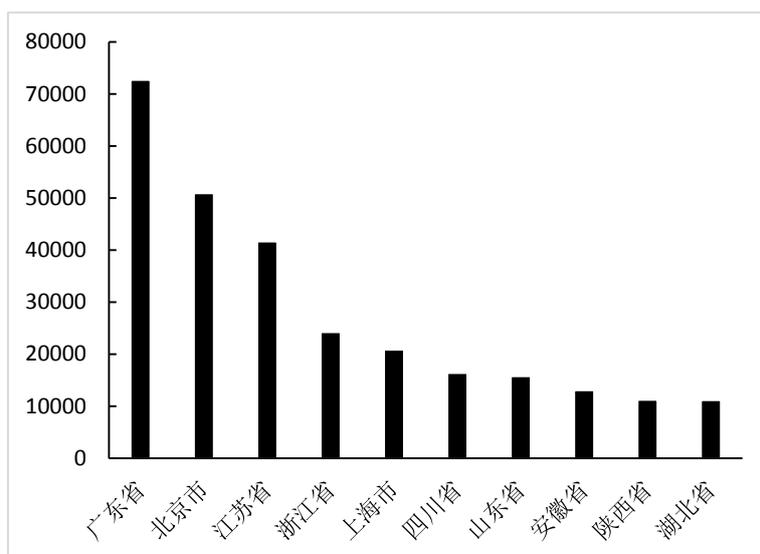


图 3.4 我国人工智能专利申请数量排名前十省（市）

数据来源：《人工智能发展报告 2020》

3.1.2 工业机器人方面

目前，工业机器人是最为常见的智能化设备，工业机器人使用规模反映了工业智能化发展程度（王文，2020）。根据图 3.5 可知，在世界范围内，中国 2018 年的工业机器人安装量世界第一，远远大于第二、三名的日本和美国，中国已经成为世界工业机器人最大市场。图 3.6^①描述了我国市场 2000 年至 2018 年的机器人安装量与安装总量的变化趋势。可以看出，十九年以来，我国工业机器人安装数量整体来看呈现增长趋势，从 2009 年开始其增长速度明显加快；工业机器人的累计安装量呈现“指数型”增长。这些无疑在一定程度上说明我国工业智能化正不断发展，并且势头正旺。

^① 由于数据可得性原因，未含港澳台地区。

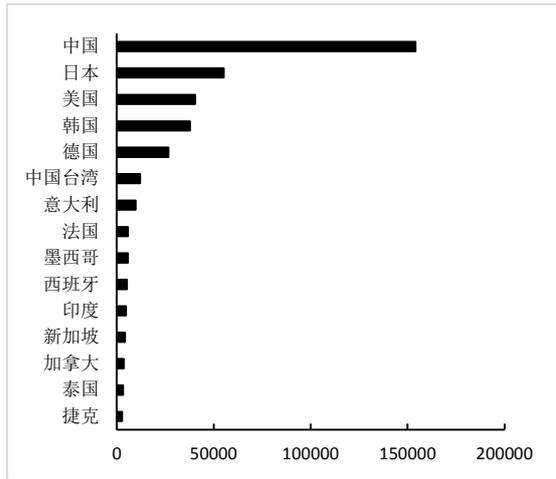


图 3.5 2018 年全球前 15 个国家和地区的工业机器人安装量

数据来源：国际机器人联合会（IFR）

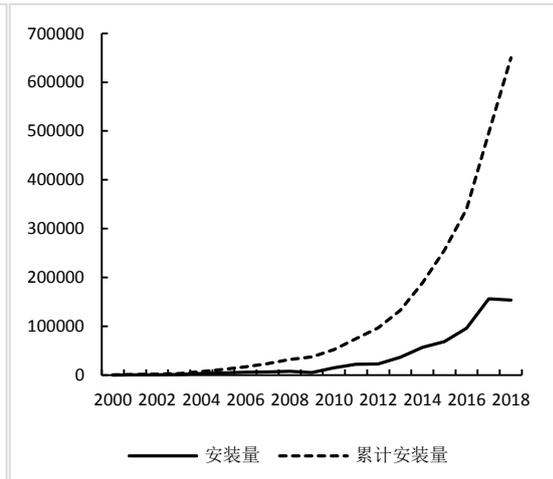


图 3.6 2000 年-2018 年我国市场工业机器人安装量与累计安装量

数据来源：国际机器人联合会（IFR）

3.2 城乡收入差距的现状

城乡收入分配的差距表现在不同维度，比如金融资产、社会保障和货币收入水平方面。本文所研究的则是城乡居民在收入水平上的差距。目前，衡量城乡收入差距的方法主要有三种，城乡基尼系数、泰尔指数和城乡居民收入之比。为更加直观地展现出城乡收入差距，此处选取学者们最常用的城乡居民收入比值法对城乡收入差距进行测度。本节将从全国整体和区域差异两个层面对城乡收入差距的现状进行分析。

3.2.1 全国城乡收入差距现状

根据图 3.7 可知，城乡居民收入比表现出先增加下降，后下降的倒“U”型趋势。在 2009 年之前，城乡收入比逐年呈现增强趋势，达到峰值后开始降低，但 2015 年的整体城乡收入差距之比仍略高于 2001 年。图 3.8 呈现了城乡居民收入状况的变化，从逐年增长率变化来看，城镇居民收入增长率大体趋势呈“M”型，即先大体上升下降，然后再上升下降。城镇居民收入增长率大体上升至 2007 年，达到峰值的 17.2%，之后开始下滑，在 2009 年降到 8.8%，随后经历短暂一年的回升，2011 年增长率开始持续下降，到了 2019 年增长率为 7.91%。农村居民收入增长率变化趋势大体与之类似，2001 年至 2007 年大体上升，2008 年至 2009 年下降，值得注意的是，从 2010 年开始，农村居民收入增长率均高于城镇，

虽后半段有所回落，但仍然是大于的。这表明受一系列的惠民政策的影响，农村居民的收入增长幅度被显著提升，开始大于城镇收入增长，进而使城乡收入之比下降，城乡收入差距得到缓解。

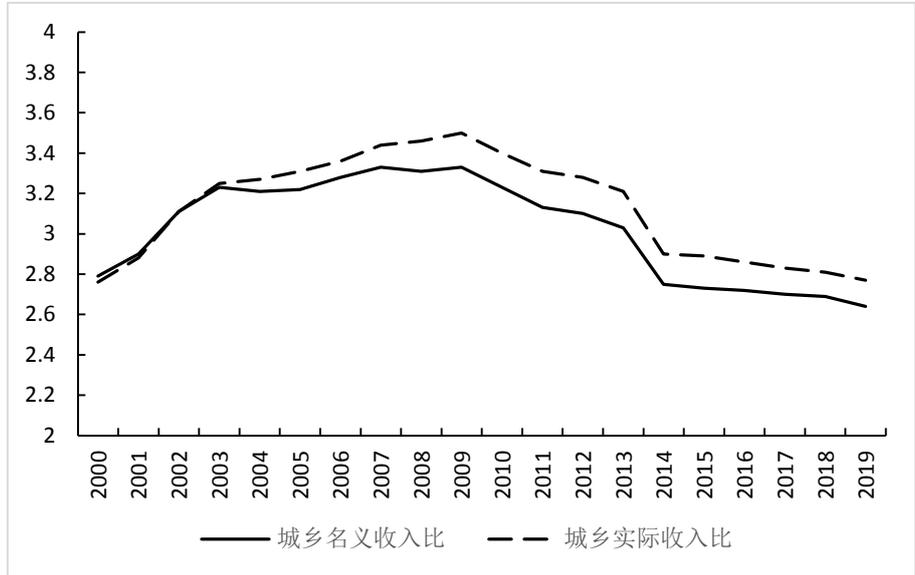


图 3.7 2000 年-2019 年我国城乡收入绝对差距趋势变化
数据来源：《中国统计年鉴》

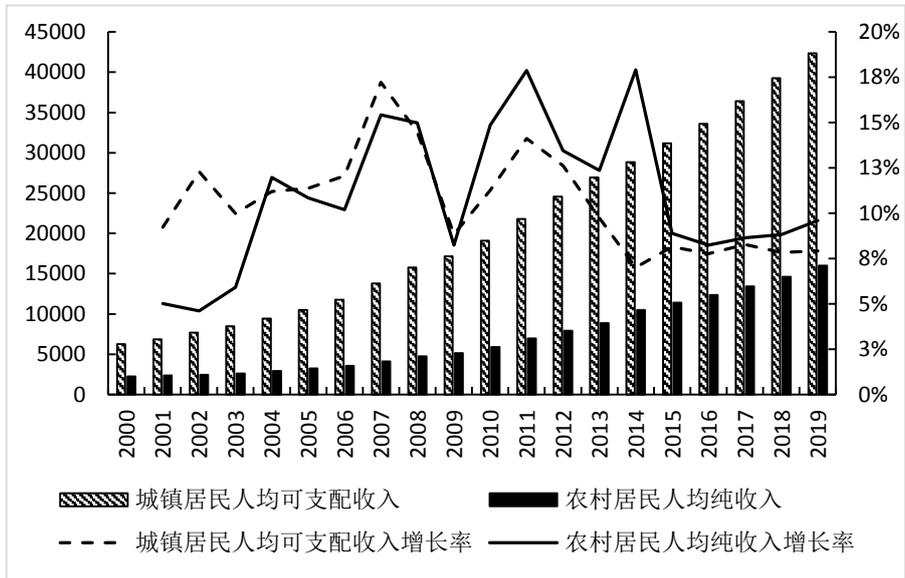


图 3.8 2000 年-2019 年城镇居民人均可支配收入与农村居民人均纯收入状况
数据来源：《中国统计年鉴》

根据表 3.9 可知，从绝对值来看，全国城乡居民收入之间的差距呈现出扩大趋势，2019 年城乡居民收入的差值是 2001 年的 6 倍左右，这与相对值呈现的趋势有所区别。这或许是由于农村居民收入的增长额低于城镇居民收入的增长额，

以及存在人口基数等其他因素的影响,最终城乡收入绝对差距表现为不断扩大的趋势。

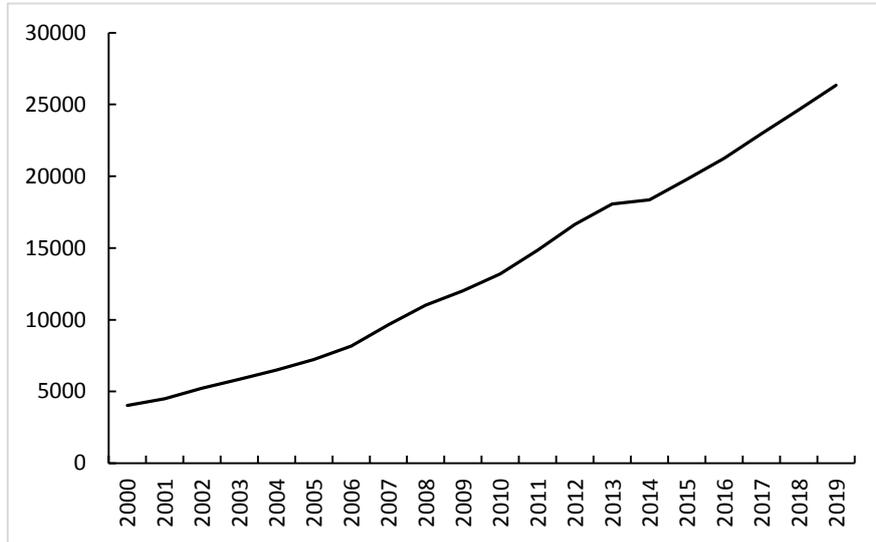


图 3.9 2000 年至 2019 年中国城乡居民收入绝对差距趋势变化
数据来源:《中国统计年鉴》

3.2.2 各区域城乡收入差距状况

我国疆域辽阔,不同区域的地理位置、人口规模和经济发展水平有所区别,城乡收入差距极可能表现出一定的区域差异性。图 3.10^{①②}呈现了我国东部、中部、西部和东北地区的城乡居民收入的具体状况。可以看出,东北地区城乡收入比一直低于其他地区,这意味着东北地区的城乡收入差距问题并不突出;东部和中部地区的城乡收入差距均处于中游水平,其中中部地区城乡收入比稍高于东部地区,但随着时间的推移,二者之间的差距越来越小,逐渐趋于一致;西部地区的城乡收入比常年远大于其他地区,这意味着在 2005 年至 2013 年间,西部地区的城乡差距问题较为严重。由上述分析可知,我国城乡收入差距存在一定的区域差异性,即城乡收入差距在东北整体最小,中东部次之,西部最大。值得一提的是,我国各区域城乡收入差距还具有一定的相似性,即在变化趋势方面,各区域城乡收入比变化趋势均呈现出整体下降趋势。

①《中国区域经济统计年鉴》目前仅更新至 2014 年。

②东部地区包含北京、天津、河北、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东和海南 10 个省份;中部地区包含山西、安徽、江西、河南、湖北和湖南 6 个省份;西部地区包括内蒙古、广西、四川、重庆、贵州、云南、西藏、陕西、甘肃、宁夏、青海和新疆 12 个省份;东北地区包括辽宁、吉林和黑龙江 3 个省份。

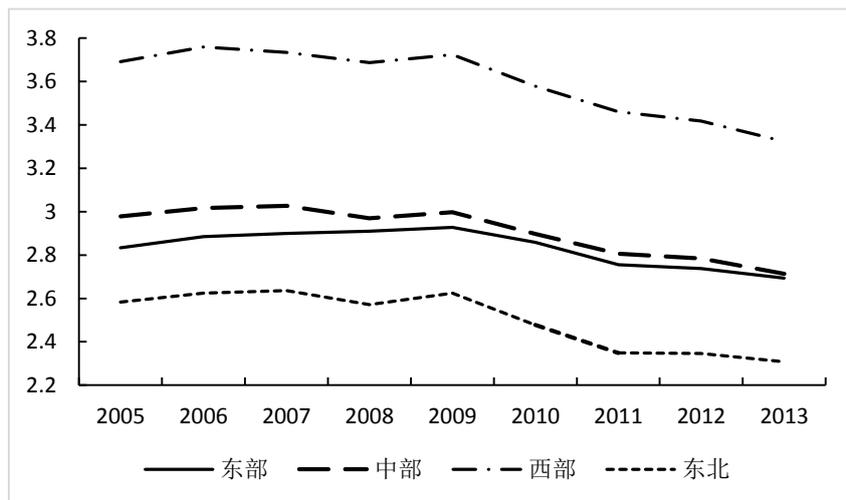


图 3.10 我国不同区域城乡收入比的变化趋势

数据来源：《中国区域经济统计年鉴》

3.3 本章小结

本章主要分析了工业智能化与城乡收入差距的现状及其发展趋势。在工业智能化方面，从人工智能技术和工业机器人两个角度对其进行描述与分析。可以看出，为了在新一轮的科技革命中抢占先机，越来越多的国家关注与重视工业智能改造，纷纷积极推进智能技术的发展，在全球形成一股“潮流”。其中，中国工业智能化在世界范围内处于较高水平。另外，由数据呈现的趋势可知，我国工业智能化发展已进入高速发展阶段，并且这种快速上涨状态在未来极可能继续保持。

在我国城乡收入差距方面，从全国与区域两个层面对其进行描述分析。从全国层面来看，我国城乡收入之比呈现先上升后下降的倒“U”型趋势，下降拐点为 2009 年，而城乡收入绝对差值表现为持续扩大的趋势。从区域层面来说，不同区域的城乡收入差距具有差异性，并且常年以来，城乡收入之比在西部最大，中东部次之，东北最小。此外，不同区域城乡收入情况还具有一致性，即各区域城乡收入比均呈现持续下降趋势。

4 技能偏向视角下工业智能化影响城乡收入差距的理论机制

工业智能化的推进对不同技能水平劳动力就业与收入影响存在明显差别。已有研究发现，智能设备对高技能劳动力就业会产生“创造效应”，而且还提高其收入水平（惠炜和姜伟，2020）。但对低技能劳动力而言，情况与之相反。智能机器的应用将导致低技能劳动者的就业减少（Graetz 和 Michaels, 2018），以及工资收入降低，使高、低技能劳动力间的收入差距被扩大（杜传文等，2018）。根据 Bughin 等（2018）的预测，随着人工智能的普及，到 2030 年，重复性活动与需要低数字技能的低技能岗位将会从大约 40% 骤减至 30%，而那些非重复性活动与高数字技能的高技能岗位从大约 40% 飙升至 50% 以上，13% 左右的总工资将转移到高技能工人，其收入水平上升，而低技能工人在总工资中的份额将降至 20%，收入差距由此扩大。可以看出，这种对就业技能结构与收入的冲击短期内会持续加剧。综上所述，从技能偏向性角度来看，在工业智能化不断发展过程中，一方面减少具有简单重复性的低技能劳动力需求和增加复杂创新性劳动的高技能劳动力需求，即改变就业技能结构；另一方面，扩大高技能者与低技能者薪酬悬殊，改变技能收入差距。因此，本文将从就业技能结构与技能收入结构两个渠道，理论分析工业智能化对城乡收入差距的影响机制。

4.1 技能就业结构的影响机制

智能化带来的信息技术体系创新，同时引发了低技能劳动力就业的“替代效应”和高技能劳动力就业的“创造效应”。首先，在工业智能化发展初期，为了节约成本，提供工作效率，企业往往倾向于采用自动化的智能设备或技术，以完成对简单重复性劳动的替代，这一过程令低技能劳动者的市场需求相对低靡，但对高技能劳动者的冲击并不明显（钞小静和周文慧，2021）。具体而言，以“机器换人”为表现形式的工业智能化首先会对那些程序化、可编程的工作岗位产生替代，而对于非程序化、创新性和环境适应性较强、社会技能和隐性认知能力依赖性较高的工作岗位，则这一影响相对较小。如 Acemoglu 和 Restrepo（2017b）的研究成果表明，相较于高技能、高收入的工作岗位，低技能、低收入的工作岗

位更容易被智能化设备或技术所替代。其次，随着智能化水平的不断提高和应用日渐广泛，工业智能化将催生新的生产工具，提升生产技术环境，延伸新的产业链，带来大量新的岗位。劳动力市场将对高技能劳动者产生大量需求，其工资水平也将不断提高（魏建和徐恺岳，2021）。我国城乡劳动者之间具备的技能存在较大差异，大量拥有高技能的劳动者集中在城镇地区，大量低技能劳动力集中在乡村地区（马红旗等，2017）。这种技能分布格局为工业智能化作用于城乡收入差距创造了可能性。当工业智能化作用于劳动力市场、引致就业技能结构发生改变时，城镇居民将更受益于就业“创造效应”带来的福利，而农村居民则主要承受就业“替代效应”带来的冲击，这势必对城乡收入分配差距扩大化产生不利影响。

此外，工业智能化引起的就业“替代效应”还会波及到农村转移劳动力群体。二元经济理论认为，由于工业部门工资高于农业部门，导致越来越多的农村劳动力转移至城市。进城务工原本对缓解城乡收入差距扩大具有重要的积极作用（何爱平和李清华，2019），但我国农村转移劳动力的整体技能水平偏低，通常是从事一些简单的重复性体力工作（王建国和李实，2015；杨志明，2017），因而他们很可能最先被机器所替代（张学英，2018）。如图 4.1^①所示，2011 年至 2019 年期间，农民工群体中低技能劳动力占比一直保持 90%左右，表明农村转移劳动力者技能结构特点始终是以低技能为主。在此背景下，当工业智能化对低技能劳动力产生替代效应时，农村转移劳动力群体无疑会因此受到冲击，进而影响城乡收入间的差距。另外，户籍保护和较高的准入门槛，也使农村转移劳动力难以从事新增的高技能岗位（王建国和李实，2015）。工业智能化发展会导致农村转移劳动力的就业环境恶化，就业不稳定性增强，进城务工这条原本能有效缩小城乡收入差距的路径受阻甚至失效。

综上所述，工业智能化会改变就业技能结构，使之朝着高级化方向发展，进而对城乡收入差距产生扩大效应。

^① 这里参考已有文献的常见做法，将接受大专及以上学历的劳动力视为高技能劳动力，高中及以下的劳动力视为低技能劳动力。

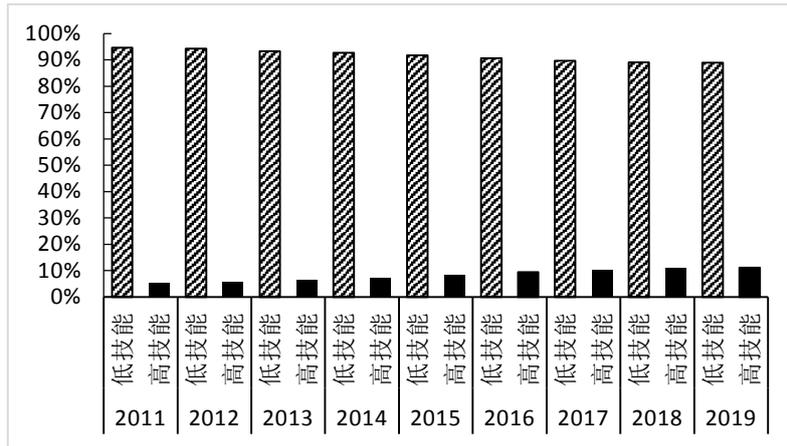


图 4.1 2011 年—2019 年农村转移劳动力群体的技能构成

数据来源：历年农民工监测调查报告

4.2 技能收入结构的影响机制

工业智能化不仅会影响就业技能结构，还会拉大高低技能劳动者的收入差距，进而对城乡收入差距产生消极影响。由于工业智能化具有就业技能偏向性特征，对就业者的创新能力、认知能力、智力水平以及知识结构等具有更高要求，因而那些有能力应对复杂工作要求、善于学习的高技能劳动力，可以较快适应新的工作环境，而低技能劳动力面对的压力则越来越大，使得技能收入分配向高技能劳动力倾斜。如 Jackson 和 Zafer（2019）基于产业链视角的研究发现：自动化阶段的高技能劳动力的工资增长率要高于低技能劳动力的工资增长率；内含智能技术的机器载体往往与高技能劳动力之间存在互补关系，随着人机合作的增强，高技能劳动者的生产效率和收入水平均相应提高；而智能化机器与低技能劳动力之间通常为替代关系，导致低技能劳动力工资收入水平下降，甚至部分低技能劳动者难以获得就业机会。还有研究者提出，短期内，智能化技术的应用会促使技能溢价被拉伸，技能收入差距将不断扩大（朱琪和刘红英，2020）。在我国，高技能劳动力以城镇居民为主，低技能劳动力以农村居民为主，工业智能化引致的技能溢价更利于富集高技能劳动力的城镇居民群体，而大多农村居民受限于技能水平偏低，被排除在收入上涨福利之外，因而城乡收入差距亦由此扩大。

此外，进城务工是农村居民增收的重要途径，工资性收入已经成为农村家庭的主要收入，在收入结构中的地位也越来越重要（张跃，2020）。据计，2019 年

工资性收入占农村居民人均可支配收入的 41.09%^①。然而正如上文所述，由于主要以低技能劳动力为主，且缺乏高技能岗位的就业机会，农村转移劳动力不仅很难享受到工业智能化带来的工资上涨福利，而且可能收入下降，甚至丧失工作机会，这将致使城乡之间的收入差距被进一步拉大。

综合以上分析，本文提出如下研究假说：

H1. 工业智能化扩大了城乡收入差距；

H2. 工业智能化将导致就业技能结构高级化，即高技能劳动力就业增加和低技能劳动力就业减少，从而导致城乡收入差距扩大；

H3. 工业智能化将导致技能收入差距扩大化，即高技能劳动力收入上升和低技能劳动力收入降低，从而导致城乡收入差距扩大。

4.3 本章小结

本章以技能偏向性为角度，分别从就业技能结构与技能收入结构两个层面，理论分析了工业智能化如何影响城乡收入差距，进而得出如下两点：（1）工业智能化对劳动力就业将会产生两种效应，即促进高技能劳动力就业的“创造效应”与减少低技能劳动力就业的“替代效应”。在我国技能分布格局呈现“城高乡低”的背景下，这种由工业智能化引致的就业技能结构高级化将导致城乡收入差距的扩大。另外，农村转移劳动力就业状况也会因此恶化，进而不利于城乡之间的收入分配；（2）工业智能化还将导致高低技能劳动力收入差距的拉大，影响技能收入结构。这对以高技能劳动力为主的城镇居民是更有利的，而多数农村居民技能水平较低，难以享受到技能工资上涨福利，城乡收入差距由此扩大。基于本章所分析的工业智能化对城乡收入差距的影响及其作用机制，下文将进一步对其进行实证检验。

^① 根据 2020 年《中国统计年鉴》中的相关数据计算而来。

5 工业智能化对城乡收入差距影响的实证检验

5.1 基准模型设定

根据现有研究成果与前文分析，为检验工业智能化对城乡收入差距的影响，本文设定的基准计量模型如下：

$$Gap_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 INDINT_{it} + \alpha_2 C_{it} + \lambda_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (5.1)$$

其中，下标*i*、*t*表示省份与年份，*Gap_{it}*表示省份*i*在第*t*年的城乡收入差距程度；*INDINT_{it}*为省份*i*在第*t*年的工业智能化水平；*C_{it}*是控制变量集。*λ_i*、*δ_t*分别为个体和时间效应；*ε_{it}*为随机扰动项。*α₀*为截距项；*α₂*为各控制变量对城乡收入差距的影响系数。*α₁*表示工业智能化对城乡收入差距的影响系数，其大小与显著性是本文关注的重点。研究假说 1 预期*α₁*>0，也即工业智能化扩大了城乡之间的收入差距。

5.2 指标选取与数据来源

5.2.1 指标选取

1. 因变量：城乡收入差距（*Gap*）

本文的因变量为城乡收入差距（*Gap*）。根据已有研究（陈斌开和林毅夫，2013；张应良和徐亚东，2020），选取国内学者常用的城镇居民人均可支配收入与农村居民人均纯收入之比来测度城乡之间的收入差距。

2. 核心自变量：工业智能化（*INDINT*）

考虑部分数据的可获得性以及相关研究对工业智能化的测度方法，本文这里借鉴孙早和侯玉琳（2019）的测度体系。该体系内含基础设施、生产应用和竞争力与效益三大方面。其中，基础设施部分包括软件普及和应用情况、智能化设备投入情况、信息资源采集能力与数据存储和处理能力；生产应用部分细分为智能制造企业情况、新产品生产情况与平台运营和维护水平；竞争力和效益划分为工业企业创新能力、工业企业经济效益与工业企业社会效益，各项细化指标采取的测度方法如表 5.1 所示。将细化指标的数据统计口径统一后，采用主因素分析法

测算出各省的工业智能化发展水平。

表 5.1 工业智能化测度体系

核心自变量	指标大类	细分指标	指标测度
工业智能化	基础设施	软件普及和应用情况	以基础软件、支撑软件和嵌入式应用软件等产品的收入占有所有工业企业主营业务收入的比重表示
		智能化设备投入情况	以计算机、电子元器件和仪器设备等的进口额占有所有工业企业主营业务收入的比重表示
		信息资源采集能力	以互联网上网人数占 15—64 岁人口的比重表示
		数据存储和处理能力	以数据加工处理和存储服务收入占有所有工业企业主营业务收入的比重表示
	生产应用	智能制造企业情况	以智能制造企业的主营业务收入占全国智能制造企业的主营业务收入的比重表示
		新产品生产情况	以新产品销售收入占工业企业主营业务收入的比重表示
		平台运营和维护水平	以平台运营和维护服务收入占有所有工业企业主营业务收入的比重表示
	竞争力和效益	工业企业创新能力	以国家专利申请授权量与 R&D 人员全时当量比值表示
		工业企业经济效益	以各地区总资产贡献率和成本费用利用率表示
		工业企业社会效益	以各地区单位 GDP 消耗电力与煤炭情况表示

3. 控制变量

本文选取的控制变量如下：经济发展水平 ($PGDP$)，本文利用人均实际 GDP 来衡量；对外开放水平 (Ope)，本文利用地区进出口总额在各地区 GDP 中的占比进行度量；人力资本 (Edu)，这里借鉴许永洪等 (2019) 的方法计算，以地区平均受教育年限来度量；产业结构 ($Pind$ 、 $Tind$)，借鉴程名望和张家平 (2019) 的做法，分别以地区第一与第三产业增加值占生产总值的比重来表示；所有制结构 (SOE)，以总职工中国有企业职工占比来衡量。除此之外，考虑到农业机械化发展是影响农村居民收入水平的重要因素 (李谷成等, 2018)，因此还将纳入人均机械动力 (PM) 作为控制变量，本文利用农用机械总动力除以农村人口进行

测度。

5.2.2 数据来源与说明

本文选取的样本为 2001-2017 年我国 30 个省份的面板数据，由于西藏地区数据缺失严重，故将其剔除。数据来源于国家工业和信息化部、国家统计局官网、《中国统计年鉴》、《中国经济普查数据》、《中国劳动统计年鉴》、《中国电子信息产业统计年鉴》、《中国科技统计年鉴》、各省份统计年鉴、国泰安 CSMAR 数据库与 EPS 数据库。各宏观数据的实际值均以 2001 年为基期。另外，由于 2001 年至 2004 年农村人口数据的缺失，本文参考江鑫和黄乾（2020）的做法对各省的人口数据进行修正，再结合各省年末常住总人口数据进行运算，从而得到农村人口数据。主要变量的描述性统计如表 5.2 所示。

表 5.2 各变量的描述性统计

变量	符号	样本量	均值	标准差	最小值	最大值
城乡收入差距	<i>Gap</i>	510	2.9478	0.5801	1.8451	4.7586
工业化智能化	<i>INDINT</i>	510	12.4761	8.3817	1.2422	57.7388
经济发展水平	<i>PGDP</i>	510	2.0576	1.4219	0.2856	7.8088
对外开放水平	<i>Ope</i>	510	32.3157	39.8404	3.5720	172.1482
人力资本	<i>Edu</i>	510	8.4859	1.0053	6.0405	12.0807
产业结构	<i>Pind</i>	510	12.5040	6.5401	0.4371	37.8975
	<i>Tind</i>	510	40.3828	7.9484	28.6151	79.6527
所有制结构	<i>SOE</i>	510	56.1826	16.1766	16.0384	83.2184
人均机械动力	<i>PM</i>	510	1.2284	0.6788	0.2257	3.8166

5.3 实证检验结果

5.3.1 基准效应回归

本文使用面板数据实证检验工业化智能化对城乡差距的影响，首先对回归方法

作出选择。由于 F 检验和 LM 检验均强烈拒接原假设，表明存在个体效应，固定和随机效应优于混合 OLS；Hausman 检验结果显示应采用固定效用模型，考虑到研究可能存在时间效应，故最终选择双向固定效应回归方法。

表 5.3 为工业化智能化城乡收入差距的基准回归结果。其中第（1）列报告了核心解释变量即工业化智能化的估计系数在 1%统计水平上显著为正，从而验证了假说 1，即工业化智能化扩大了城乡收入差距。为验证工业化智能化对城乡居民收入影响的差异性，分别将城镇居民人均可支配收入和农村居民人均纯收入的对数作为解释变量进行回归，估计结果分别如第（2）和第（3）列所示。第（2）列中，工业化智能化估计系数显著大于零，说明工业化智能化对城镇居民收入水平的提高具有积极作用；第（3）中，工业化智能化的系数显著为负，说明工业化智能化对农村居民收入水平的提高产生了不利影响。通过对比发现，工业化智能化对城镇居民收入的积极作用大于对农村居民收入的消极作用。这一结果进一步验证了工业化智能化对城乡收入差距的扩大效应。

表 5.3 工业化智能化对城乡收入差距的基准回归结果

变量	城乡收入差距	城镇人均可支配收入	农村居民人均纯收入
	(1)	(2)	(3)
<i>INDINT</i>	0.0237*** (0.0050)	0.0053*** (0.0014)	-0.0030** (0.0014)
<i>PGDP</i>	0.1036*** (0.0198)	0.0202*** (0.0054)	-0.0026 (0.0055)
<i>Ope</i>	-0.0044*** (0.0008)	0.0000 (0.0002)	0.0014*** (0.0002)
<i>Edu</i>	-0.0773** (0.0378)	0.0105 (0.0103)	0.0203* (0.0105)
<i>Pind</i>	-0.0189*** (0.0046)	-0.0075*** (0.0012)	-0.0022* (0.0013)
<i>Tind</i>	0.0111*** (0.0026)	-0.0003 (0.0007)	-0.0033*** (0.0007)
<i>SOE</i>	-0.0030 (0.0021)	-0.0009 (0.0006)	0.0008 (0.0006)
<i>PM</i>	0.1449*** (0.0359)	0.0891*** (0.0098)	0.0416*** (0.0100)
<i>cons</i>	3.2857*** (0.3476)	8.7935*** (0.0945)	7.6850*** (0.0967)
个体效应	控制	控制	控制
时间效应	控制	控制	控制

<i>F</i>	39.6533	34.2332	37.8960
<i>R</i> ²	0.6867	0.9947	0.9952
<i>N</i>	510	510	510

注：括号内为标准误；* $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

5.3.2 内生性问题处理与稳健性检验

5.3.2.1 反向因果问题

已有研究成果表明，城乡收入差距也会对技术创新产生一定的影响（王俊和刘东，2009）。因此，工业化智能化与城乡收入差距之间可能存在反向因果关系，进而产生内生性。为避免这一问题，本文以工业化智能化的一、二阶滞后项作为工具变量，采用两阶段最小二乘法（2SLS）重新进行估计，估计结果如表 5.4 所示。表 5.4 中，第（1）列为原有模型的回归结果，列于此处作为对照组；第（2）列为采用两阶段最小二乘法（2SLS）回归的结果。由 2SLS 的回归结果可知，工业化智能化的估计参数在 1% 的统计水平上同样显著为正。同时，Cragg-Donald Wald *F* 统计量拒绝原假设，说明无弱工具变量问题；不可识别检验强烈拒绝原假设，过度识别检验结果接受“工具变量均外生”的假设，表明选取的工具变量合理。第（2）列的回归结果支持本文结论，与基准模型比较，其符号相同且数值相差不大，由此可知本文的研究结论具有稳健性。

表 5.4 内生性处理：两阶段最小二乘法

变量	<i>Gap</i>	
	<i>FE</i>	2SLS
	(1)	(2)
<i>INDINT</i>	0.0237*** (0.0050)	0.0264*** (0.0068)
<i>cons</i>	3.2857*** (0.3476)	5.6682*** (0.3284)
控制变量	控制	控制
个体效应	控制	控制
时间效应	控制	控制
第一阶段 <i>F</i> 统计量	—	222.13
Cragg-Donald Wald <i>F</i> 统计量	—	222.131 [19.93]
Anderson LM 统计量	—	204.190 (0.0000)

<i>Sargan</i> 检验	—	0.6992
<i>F</i>	39.6533	46.8629
<i>R</i> ²	0.6867	0.7421
<i>N</i>	510	450

注：“[]”中的为 *Stock-Yogo* 检验 10%水平上的临界值；*Anderson LM* 统计量括号中的为显著性概率 *p* 值，其余括号内均为标准误；*Sargan* 检验提供的 *p* 值；* $p < 0.1$ ，** $p < 0.05$ ，*** $p < 0.01$

5.3.2.2 遗漏重要变量问题

本文内生性问题除了来自反向因果关系，还可能来自回归时遗漏了重要的经济变量。为此，在已有控制变量的基础上，本文进一步增加与城乡收入差距有关的重要变量，减缓遗漏变量对实证结果所带来的影响。可能的重要经济变量有金融发展水平 (*Fin*)、政府财政支出 (*Gov*) 和失业水平 (*Une*)。其中，金融发展水平 (*Fin*) 由各地区每年末的存贷款余额除以该地区的生产总值得到；政府财政支出 (*Gov*) 以该地区财政支出与 GDP 的比值来度量；失业水平 (*Une*) 以城镇登记失业率来衡量。具体回归结果见表 5.5。根据回归结果可知，在增加可能遗漏的重要变量之后，工业化智能化对城乡收入差距的估计系数与前文基准回归的估计系数相比，不仅符号一致且数值差别较小，同样证明了本文的研究结论准确、可信。

表 5.5 内生性解决：增加遗漏变量

变量	<i>Gap</i>			
	(1)	(2)	(3)	(4)
<i>INDINT</i>	0.0235*** (0.0050)	0.0212*** (0.0053)	0.0235*** (0.0050)	0.0182*** (0.0054)
<i>Fin</i>	0.0007* (0.0004)			0.0010** (0.0004)
<i>Gov</i>		-0.4280 (0.3023)		-0.7984** (0.3282)
<i>Une</i>			-0.0238 (0.0230)	-0.0268 (0.0231)
<i>PGDP</i>	0.1098*** (0.0201)	0.0919*** (0.0215)	0.0999*** (0.0202)	0.0867*** (0.0219)
<i>Ope</i>	-0.0046*** (0.0008)	-0.0042*** (0.0008)	-0.0045*** (0.0008)	-0.0044*** (0.0008)
<i>Edu</i>	-0.0785** (0.0377)	-0.0770** (0.0378)	-0.0796** (0.0379)	-0.0810** (0.0376)
<i>Pind</i>	-0.0194*** (0.0046)	-0.0178*** (0.0046)	-0.0185*** (0.0046)	-0.0170*** (0.0046)

<i>Tind</i>	0.0100*** (0.0026)	0.0107*** (0.0026)	0.0114*** (0.0026)	0.0091*** (0.0027)
<i>SOE</i>	-0.0025 (0.0021)	-0.0025 (0.0021)	-0.0029 (0.0021)	-0.0011 (0.0022)
<i>PM</i>	0.1677*** (0.0380)	0.1270*** (0.0380)	0.1433*** (0.0359)	0.1443*** (0.0389)
<i>cons</i>	3.1318*** (0.3571)	3.3467*** (0.3498)	3.3677*** (0.3564)	3.2604*** (0.3665)
个体效应	控制	控制	控制	控制
时间效应	控制	控制	控制	控制
<i>F</i>	38.2779	38.1121	37.9831	35.8949
<i>R</i> ²	0.6892	0.6883	0.6876	0.6944
<i>N</i>	510	510	510	510

注：括号内为标准误；* p<0.1, ** p<0.05, *** p<0.01

5.3.2.3 稳健性检验

下面尝试以下两种方式对工业智能化与城乡收入差距之间的关系进行稳健性检验。一是更换回归估计模型，采用控制时间效应的随机效应模型重新进行估计；二是替换城乡收入差距的衡量方法。常见的测度城乡收入差距的指标不仅有城乡收入比，还有泰尔指数和基尼系数。其中，基尼系数可笼统地反映整体收入差距，但不能精确测度城乡收入差距的分化；而泰尔指数不仅能准确测算出城乡之间的收入差距，还对收入两极（高、低收入群体）的变动也比较敏感，城乡收入差距正是反映在两极的变动之上（王少平和欧阳志刚，2007）。因此，本文的稳健性检验采用泰尔指数来衡量城乡收入差距水平。具体测算公式如下：

$$Theil_{it} = \sum_{j=1}^2 (P_{jit}/P_{it}) \ln \left(\frac{P_{jit}}{P_{it}} / \frac{I_{jit}}{I_{it}} \right) \quad (5.2)$$

其中， $Theil_{it}$ 代表泰尔指数， j 代表城镇地区或农村地区（ $j=1$ 为城镇， $j=2$ 为农村）， i 与 t 分别代表省份与时间， P_{it} 和 I_{it} 分别代表 i 地区第 t 年的总收入和总人口， P_{jit} 、 I_{jit} 则分别代表城镇和农村地区的收入和人口。 $Theil_{it}$ 指数数值越小，表示城乡之间收入差距越小，反之则越大。

具体稳健性检验结果如表 5.6 所示。其中，第（1）列是控制时间效应的随机模型回归结果，可以看出，此时的工业智能化系数依然显著为正；第（2）列为将解释变量替换为泰尔指数后的估计结果，可以看出，此时的工业智能化估计系数同样显著为正。进一步采用两阶段最小二乘法（2SLS）对二者重新进行回归，

结果如第（3）列所示，可以看出此时的工业智能化与泰尔指数之间仍为显著的正向关系。由此得出，本文的研究结论具有较强的稳健性。

表 5.6 工业智能化对城乡收入差距的影响：稳健性检验

变量	城乡收入比		泰尔指数
	<i>RE</i>	<i>FE</i>	<i>2SLS</i>
	(1)	(2)	(3)
<i>INDINT</i>	0.0116** (0.0051)	0.0013*** (0.0004)	0.0017*** (0.0005)
<i>cons</i>	3.0126** (0.3485)	2.9875** (0.1109)	3.1065** (0.0882)
控制变量	控制	控制	控制
个体效应	未控制	控制	控制
时间效应	控制	控制	控制
第一阶段 <i>F</i> 统计量	—	—	230.01
<i>Cragg-Donald Wald F</i> 统计量	—	—	230.01 [19.93]
<i>Anderson LM</i> 统计量	—	—	207.78 (0.0000)
<i>Sargan</i> 检验	—	—	0.8635
R^2	0.6584	0.7717	0.8267
<i>N</i>	510	510	450

注：“[]”中的为 *Stock-Yogo* 检验 10%水平上的临界值；*Anderson LM* 统计量括号中的为显著性概率 *p* 值，其余括号内均为标准误；*Sargan* 检验提供的 *p* 值；* $p < 0.1$ ，** $p < 0.05$ ，*** $p < 0.01$

5.3.3 工业智能化对城乡收入差距影响机制检验

根据基准回归结果可知，工业智能化扩大了城乡之间的收入差距。在此基础上，为了验证工业智能化是否通过就业技能结构与技能收入结构的变化来影响城乡收入差距，本文借助中介模型进行经验识别。参考温忠麟和叶宝娟（2014）的分析方法，在基准模型式（5.1）的基础上，设定式（5.3）和式（5.4）：

$$M_{it} = \beta_0 + \beta_1 INDINT_{it} + \beta_2 C_{it} + \lambda_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (5.3)$$

$$Gap_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 INDINT_{it} + \gamma_2 M_{it} + \gamma_3 C_{it} + \lambda_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (5.4)$$

式（5.3）和式（5.4）中， M_{it} 表示中介变量，在本文则为就业技能结构与技能收入结构，式中其他控制变量与基准计量模型一致。

在中介效应的检验方法中，学者们使用最多是逐步法，虽然逐步法检测灵敏

性最低，但其显著结果的可靠度最高（温忠麟和叶宝娟，2014）。因此，本文将采用逐步法来检验就业技能结构和技能收入结构在工业智能化与城乡收入差距之间的影响机制。具体来说，当满足以下条件时，则认定存在中介效应：①在式（5.1）中的 $INDINT$ 会对 Gap 产生影响，系数 α_1 显著；②在式（5.3）中 $INDINT$ 对中介变量 M 会产生影响，系数 β_1 显著；③在式（5.4）中中介变量 M 会对 Gap 产生影响，系数 γ_2 显著；④与式（5.1）相比，加入中介变量 M 的式（5.4）中 $INDINT$ 对 Gap 的影响将变小或者影响不显著，即 γ_1 显著且小于 α_1 或者不显著。在条件①②③均被满足，条件④中 γ_1 显著并小于 α_1 时，说明为部分中介，而若 γ_1 不显著则说明为完全中介。然而完全中介是极少发生的，当总效应较低，间接效应占比较高时，就可能造成直接效应不显著，并且被认定为完全中介就等同于放弃其他路径的探索（温忠麟和叶宝娟，2014）。所以，本文不进行部分或完全中介的判定，仅关注就业技能结构和技能收入结构是否具有中介效应。

5.3.3.1 就业技能结构的机制检验

工业智能化的推进冲击劳动力市场，甚至重塑劳动力就业结构。为验证工业智能化是否通过就业技能结构作用于城乡收入差距，本文按照劳动者受教育程度对其技能水平进行如下划分：将受大学专科及以上教育程度的劳动者视为高技能劳动力 (HSL)；将具有高中和初中教育程度的劳动者视为中技能劳动力 (MSL)；小学及以下的劳动者视为低技能劳动力 (LSL)。在此基础上再构建以下三种就业技能结构指标，即高技能劳动力 (HSL) 与中技能劳动力 (MSL) 之比 (HM)、中技能劳动力 (HSL) 与低技能劳动力 (LSL) 之比 (ML)、高技能劳动力 (HSL) 与低技能劳动力 (LSL) 之比 (HL)。各技能劳动力的就业水平则以对应的教育程度就业人员占比与总就业人数的乘积估计。运用模型（5.3）和模型（5.4），以就业技能结构为中介变量，使用逐步法检验其机制作用。具体的检验结果如表 5.7 所示。

表 5.7 就业技能结构的机制检验

变量	高中低技能劳动力就业			高中低技能劳动力就业结构			城乡收入差距		
	HSL	MSL	LSL	HM	ML	HL	Gap	Gap	Gap
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)

							0.316**		
							(0.141)		
								0.054***	
								(0.011)	
									0.035***
									(0.009)
<i>INDINT</i>	0.171***	0.075	-0.104***	0.015***	0.078***	0.295***	0.019***	0.020***	0.014**
	(2.757)	(5.661)	(4.294)	(0.002)	(0.022)	(0.028)	(0.005)	(0.005)	(0.005)
<i>cons</i>	-13.132	15.244***	15.558***	-0.546***	4.938***	-2.765	3.458***	3.021***	3.382***
	(1.926)	(3.956)	(3.000)	(0.123)	(1.516)	(1.991)	(0.354)	(0.343)	(0.342)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
个体效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
时间效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
<i>F</i>	60.917	29.538	28.537	69.623	40.468	26.844	38.529	41.024	40.104
<i>R</i> ²	0.771	0.620	0.612	0.794	0.691	0.597	0.691	0.704	0.699
<i>N</i>	510	510	510	510	510	510	510	510	510

注：括号内为标准误；* p<0.1, ** p<0.05, *** p<0.01

表 5.7 中第 (1) 至 (3) 列给出了工业智能化对不同技能劳动者就业水平的回归结果。由回归结果可以看出，工业智能化有效地提升了高技能劳动力的就业水平，并且降低了低技能劳动力的就业水平，但对中技能劳动力的就业水平影响并不显著，这表明工业智能化对不同技能劳动力就业的影响存在明显差异。一方面，智能化技术在较为简单重复性工作中的运用，往往会使低技能劳动者被挤出，从而对其就业水平产生不利影响。另一方面，随着智能化技术的推广，会衍生出一系列新岗位，进而促进高技能劳动者就业水平的提升。

第 (4) 至 (9) 列检验了就业技能结构在工业智能化与城乡收入差距之间的中介机制。其中，第 (4) 至 (6) 列估计结果显示，工业智能化对不同就业技能结构 (*HM*、*ML* 和 *HL*) 的估计系数均在 1% 的统计水平上显著为正，并且估计系数呈现 $HM < ML < HL$ ，这不仅说明工业智能化会对现有的劳动力就业技能结构产生冲击，而且呈现出明显的高技能劳动力的偏向性特征；第 (7) 至 (9) 列检验结果表明，当把不同的就业结构指标加入基准模型后，工业智能化与就业技能结构对城乡收入差距的影响系数同样显著为正，且各列工业智能化估计系数均小于基准模型的系数，这说明工业智能化通过引发就业技能结构的高级化，进而对城乡收入差距产生了扩大作用，假说 2 得以验证。

5.3.3.2 技能收入结构的机制检验

工业智能化一方面通过改变劳动力就业技能结构对城乡收入差距造成扩大效应,另一方面,还更为直接地通过调整劳动技能收入结构来影响城乡收入差距。因此,这里进一步验证工业智能化是否通过劳动技能收入结构作用于城乡收入差距。在中介变量技能收入结构的测度上,再借鉴宋冬林等(2010)与陆雪琴和文雁兵(2013)的做法,分别选取科学研究与技术服务业、制造业和农林牧渔业在岗职工的平均工资,以此来分别衡量高技能与低技能的劳动力收入水平,二者之比即为技能收入差距(IG)。运用模型(5.3)和模型(5.4),以技能收入差距为中介变量,使用逐步法检验其中介机制。具体的检验结果如表5.8所示。

表 5.8 技能收入结构的机制检验

变量	技能劳动收入差距		城乡收入差距	
	(1)	(2)	(3)	(4)
$INDINT$	0.0215** (0.0039)	0.0180** (0.0064)	0.0186*** (0.0052)	0.0155*** (0.0050)
$IG1$			0.1026** (0.0390)	
$IG2$				0.0911** (0.0390)
$cons$	2.0202*** (0.2018)	1.3712*** (0.4447)	2.1018*** (0.3390)	3.1608*** (0.3497)
控制变量	控制	控制	控制	控制
个体效应	控制	控制	控制	控制
时间效应	控制	控制	控制	控制
F	28.1216	25.8867	40.1211	38.5921
R^2	0.6326	0.6288	0.7122	0.6910
N	510	510	510	510

注: 括号内为标准误; * $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

表 5.8 中, 第(1)列为科学研究与技术服务业和农林牧渔业在岗职工的平均工资差距(即 $IG1$); 第(2)列为制造业和农林牧渔业在岗职工的平均工资差距(即 $IG2$)。从列(1)和列(2)的估计结果可以看出, 工业智能化水平与技能收入差距之间存在显著的正向关系, 表明工业智能化水平的提高会扩大高低技能劳动者间的收入差距, 技能型劳动者与非技能型劳动者的工资收入出现了显著的分化趋势。究其原因, 主要是工业智能化引致的技能溢价, 即工业智能化在创新型、复杂型领域与高技能劳动力之间存在互补关系, 这将提升高技能者的边际产

出与劳动生产率,有助于其工资收入的提高,而工业智能化与低技能者构成竞争关系,由此抑制了低技能劳动力工资水平的增长,最终加大了高低技能劳动者间的工资水平的差异程度。从第(3)列和第(4)列的检验结果可以看出,工业智能化与技能收入差距对城乡收入差距的系数均显著为正,且将中介变量技能收入差距($IG1$ 和 $IG2$)加入基准回归方程后,工业智能化的估计系数分别为0.0186和0.0155,小于表5.3第(1)列的系数0.0237,表明工业智能化将通过拉大技能收入差距加剧了城乡收入差距,即技能收入差距发挥了中介机制作用,假说3得证。

5.3.4 异质性检验

考虑到我国各地区的经济状况存在较大差异,工业智能化对城乡收入差距的影响可能存在异质性,本文将按照不同地区、不同市场化水平以及不同城乡收入差距水平进行分样本回归,以此检验工业智能化和城乡收入差距之间关系的差异性。

5.3.4.1 以不同地区划分

我国长期以来存在着区域发展不均衡现象,工业智能化对城乡收入差距的影响因而可能存在地区差异。将总样本中的30个省份划分为东部、中部和西部地区三个区域^①,各子样本回归结果如表5.9的第(1)至第(3)列所示。回归结果显示,工业智能化对东部地区城乡收入差距的影响系数在1%的统计水平上显著为正,但对中部和西部地区的估计系数并不显著。因而可以得出,工业智能化对城乡收入差距的影响具有区域差异性,即工业智能化显著扩大了东部地区的城乡收入差距,但对中西部城乡收入差距的影响不明显。导致这种差异的原因可能是由于我国中西部地区的工业智能化进程仍处于发展期甚至起步期,发展水平相对落后,智能化的产业集群尚未形成,而且软环境开放程度较低,相关配套产业链的发展也不成熟。而类似长三角、珠三角和京津冀等东部发达区域的产业智能化水平一直位于全国前列,它们已建立起较为完善的智能化产业链,并且产业之间的集群效应比较明显(韩民春与乔刚,2020)。同时,东部地区部分企业还与

^①东部地区:北京、天津、河北、辽宁、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东和海南11个省份;中部地区:山西、吉林、黑龙江、安徽、江西、河南、湖北和湖南8个省份;西部地区:内蒙古、广西、四川、重庆、贵州、云南、西藏、陕西、甘肃、宁夏、青海和新疆12个省份。

地方高校进行着密切合作，纷纷建立人工智能研究所，开发相关支撑软件与控制系统，为地区工业智能化发展提供了动力。因此，工业智能化对东部地区城乡收入差距的影响更显著。

5.3.4.2 以不同市场化水平划分

一般来说，较高的市场化水平利于优化经济结构，提高经济增长动能和改善收入分配（陈冲和郭媚媚，2020）。因此，本文进一步考察工业智能化对城乡收入差距影响是否在不同市场化水平地区存在差异。参考王小鲁等（2016）测算的中国各省份的市场化指数，将总样本划分为市场化水平较高区域与较低区域^①。回归结果如表 5.9 中第（4）、第（5）列所示。可以看出，无论是在市场化水平较高地区还是水平较低地区，工业智能化对城乡收入差距的影响均显著为正，并且市场化水平较低地区的影响系数要明显高于市场化水平较高地区。这说明，相较于市场化高水平地区，市场化较低区域的工业智能化进程对城乡收入差距的扩大作用更大。这可能是因为市场化水平较低的地区往往经济效率相对低下，市场在资源中的配置作用被削弱，资源与要素流通受阻，造成经济活动中不合理、不公平状况增多，不利于农村劳动力就业需求和收入水平的提升。因此，在市场化较低地区，工业智能化对城乡收入差距的扩大效应更加明显。

5.3.4.3 以不同城乡收入差距水平划分

城乡收入差距较大将抑制农村居民的人力资本投资（黄祖辉和刘桢，2019），导致农村劳动力整体技能水平难以提升，进而对其收入水平的提高产生不利影响。为了验证这种可能存在的异质性影响，按照城乡之间收入差距的大小将样本所涉及的 30 个省份划分为城乡收入差距较大地区和城乡收入差距较小地区^②。具体回归结果如表 5.9 第（6）、第（7）列所示。可以看出，两种区域的工业智能化系数均在 1% 的统计水平上显著为正，并且城乡收入差距较大地区的回归数值更大。这表明工业智能化的扩大作用在不同城乡收入差距地区表现出异质性，即工业智能化对城乡收入差距较大地区的扩大效应要强于收入差距较小地区。

①按测算得出的 30 个省份的市场化指数大小排序，市场化水平较高的区域包括浙江、上海、江苏、广东、天津、北京、福建、山东、重庆、安徽、湖北、辽宁、河南、湖南、江西、四川、广西、吉林、陕西和黑龙江共 20 个省份，市场化水平较低区域包括河北、海南、山西、宁夏、内蒙古、云南、贵州、甘肃、新疆和青海 10 个省份。

②根据每年各省份城乡收入差距排名前 15 名的频率，城乡收入差距较大地区包括山西、内蒙古、广东、广西、重庆、贵州、云南、陕西、甘肃、青海、宁夏、湖南、四川、安徽和新疆共 15 个省份，其他省份为城乡收入差距较低地区。

表 5.9 工业智能化对城乡收入差距影响：异质性检验

变量	不同地区			不同市场化水平		不同城乡收入差距水平	
	东部地区	中部地区	西部地区	水平较高区	水平较低区	差距较大区	差距较小区
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
<i>INDINT</i>	0.0243*** (0.0059)	-0.0141 (0.0126)	0.0262 (0.0143)	0.0204*** (0.0056)	0.0552*** (0.0202)	0.0329*** (0.0126)	0.0172*** (0.0050)
<i>cons</i>	3.5674*** (0.2166)	5.6012*** (0.1109)	6.2584*** (0.2285)	3.5632*** (0.1027)	5.0951*** (0.0897)	3.9777*** (0.2463)	6.0258*** (0.0911)
控制变量	控制						
个体效应	控制						
时间效应	控制						
<i>F</i>	8.7747	23.6260	33.4841	24.7824	17.3020	33.0405	13.6252
<i>R</i> ²	0.5939	0.8524	0.8480	0.6788	0.7634	0.7945	0.6146
<i>N</i>	187	136	187	340	170	255	255

注：括号内为标准误；* p<0.1, ** p<0.05, *** p<0.01

5.4 本章小结

本章基于 2001 年-2017 年我国 30 个省份的面板数据（除西藏和港澳台地区），实证检验了工业智能化对城乡收入差距的影响及其作用机制。首先，通过构建双向固定效应模型，验证工业智能化与城乡收入差距的关系，检验结果表明工业智能化显著扩大了城乡之间的收入差距，并且在考虑内生性问题和进行稳健性检验后该结论仍然成立。其次，工业智能化对城乡居民收入的影响效应具有差异性，回归结果显示工业智能化有利于城镇居民收入水平的提升，但对农村居民收入水平却起到消极作用。再次，运用中介效应模型对就业技能结构和技能收入结构的机制影响进行检验。由结果可知，工业智能化是通过使就业技能结构趋于高级化和技能收入差距逐渐扩大化，进而拉大了城乡收入差距。最后，本章验证了工业智能化对城乡收入差距的影响存在区域异质性，即工业智能化的扩大效应在东部、低市场化水平区与城乡收入差距较大区中表现更为明显。

6 研究结论及政策启示

6.1 研究结论

在工业部门与智能技术持续深度融合的趋势潮流下,分析城乡收入差距问题,需要关注正在加速推进的工业智能化。本文基于技能偏向性视角,分别从劳动者的技能就业结构和技能收入结构两个层面理论诠释了工业智能化对城乡收入差距的影响机制,并采用2001年-2017年我国30个省份(除西藏和港澳台地区)的面板数据对其影响关系和作用机制进行了实证检验。主要结论如下:一是工业智能化扩大了城乡之间的收入差距,并且工业智能化对城乡居民收入的影响存在差异性,工业智能化对提高城镇居民人均可支配收入起到积极作用,但对农村居民人均纯收入的增加却产生了消极作用。二是工业智能化提升了高技能劳动力的就业需求和收入,降低了低技能劳动力的就业水平与工资收入,由此导致就业技能分布趋于高级化和技能收入差距逐渐扩大化。在城乡技能分布存在较大差异的背景下,最终造成城乡收入差距的不断扩大。三是工业智能化对城乡收入差距的影响存在异质性,主要表现在:工业智能化显著扩大了东部地区的城乡收入差距,但对中、西部地区的影响并不显著;工业智能化对城乡收入差距的扩大效应在市场化水平较低地区更加明显;工业智能化对城乡收入差距较大地区的扩大作用要强于收入差距较小地区。

6.2 政策启示

为有效应对工业智能化带来的机遇与挑战,基于以上结论,本文给出如下政策启示:

首先,应重视技能培训,促进低技能劳动力稳定就业。工业智能化必然会冲击劳动力市场,给低技能劳动力带来严重的失业风险,因而要着力保障低技能劳动力的稳定就业。政府应发挥主导效应,建立健全就业培训机制,密切关注智能化的发展趋势,预判其对劳动力市场的影响,从而加强对低技能劳动力的在岗和转岗技能培训,提高其对工业智能化“挤出效应”的应对能力,切实保障低技能劳动力的稳定就业,破除“低收入—低技能”的恶性循环局面。

其次，因地制宜发展，推动智能化改造。考虑到工业智能化对不同地区城乡收入差距影响的异质性，东部地区作为全国工业智能化的排头兵，应依托其人才与经济优势，继续推进智能转型，实现经济高质量发展，充分发挥好其辐射与带动作用；转型的同时，要兼顾深化收入分配制度改革，防范收入差距过大问题。中西部地区应推进政府、高校、研发机构和企业“四位一体”的创新体系建设，增加对智能化技术的引进、模仿和研发投入，增强智能领域人才的培养与团队建设，规划智能化发展战略，保障智能化改造畅通，孵化具有地区特色的智能化企业。

再次，深化市场化改革，引导劳动力要素合理有序流动。研究表明，工业智能化对城乡收入差距的扩大效应主要表现在市场化程度较低的地区。因此，应持续深化市场化改革，推进要素市场化配置，健全统一规范的人力资源市场体系，加快建立协调衔接的劳动力、人才流动政策体系和交流合作机制。同时，营造公平就业环境，依法纠正身份、性别等就业歧视现象，保障城乡劳动者享有平等就业权利，确保农村劳动力能顺利通过就业转移实现增收。

最后，共享智能红利，实现共同富裕。工业智能化不仅是整个经济体系智能化的开端，更是其他部门智能化发展的基础。乡村振兴战略背景下，在大力推进工业智能化的同时，也应推进智能“下乡”，尝试性地将智能技术融入农业领域的各生产环节，积极发展智慧农业，建设智慧农村，从而激发农村发展活力，促进农民增收，弱化工业智能化对城乡收入差距较大地区的消极作用，促使城乡共同分享智能技术带来的红利，实现共同富裕目标。

参考文献

- [1] Acemoglu D, Restrepo P. Secular stagnation? The effect of aging on economic growth in the age of automation[J]. *American Economic Review*, 2017a, 107(5): 174-179.
- [2] Acemoglu D, Restrepo P. The race between man and machine: Implications of technology for growth, factor shares, and employment[J]. *American Economic Review*, 2018a, 108(6): 1488-1542.
- [3] Autor D H, Katz L F, Krueger A B. Computing inequality: have computers changed the labor market?[J]. *The Quarterly Journal of Economics*, 1998, 113(4): 1169-1213.
- [4] Acemoglu D. Why do new technologies complement skills? Directed technical change and wage inequality[J]. *The Quarterly Journal of Economics*, 1998, 113(4): 1055-1089.
- [5] Acemoglu D. Technical change, inequality, and the labor market[J]. *Journal of Economic Literature*, 2002a, 40(1): 7-72.
- [6] Acemoglu D, Restrepo P. Low-skill and high-skill automation[R]. *Journal of Human Capital*, 2018b, 12(2): 204-232.
- [7] Acemoglu, D. Directed technical change[J]. *Review of Economic Studies*, 2002b, 69(4): 781-809.
- [8] Acemoglu D, Restrepo P. Low-skill and high-skill automation[R]. *NBER Working Paper*, 2017b.
- [9] Berman E, Bound J, Machin S. Implications of skill-biased technological change: international evidence [J]. *The Quarterly Journal of Economics*, 1998, 113(4): 1245-1279.
- [10] Bughin J, Seong J, Manyika J, Chui M, Joshi R. Notes from the AI frontier: Modeling the impact of AI on the world economy[R]. *McKinsey Global Institute Discussion Paper*, 2018.
- [11] DeCanio S J. Robots and humans—complements or substitutes?[J]. *Journal of Macroeconomics*, 2016, 100(49): 280-291.
- [12] Dauth W, Findeisen S, Sudekum J, Woessner N. German robots--the impact of

- industrial robots on workers[R]. CEPR Discussion Papers,2017.
- [13] Doeringer P B, Piore M J. Internal labor markets and manpower analysis[M]. Lexington, MA: Health Lexington books, 1971.
- [14] Graetz G, Michaels G. Robots at work[J]. Social Science Electronic Publishing, 2015, 368(9533): 358.
- [15] Graetz G, Michaels G. Robots at work[J]. Review of Economics and Statistics, 2018, 100(5): 753-768.
- [16] Hicks J R. The theory of wages[M]. London: Macmillan, 1932.
- [17] Jackson M O, Zafer K. How automation that substitutes for labor affects production networks, growth, and income inequality[R]. NBER Working Paper,2019.
- [18] Katz L F, Murphy K M. Changes in relative wages, 1963-1987: supply and demand factors[J]. The Quarterly Journal of Economics,1992,107(1):35-78.
- [19] Krueger A B. How computers have changed the wage structure: evidence from microdata, 1984-1989[J]. The Quarterly Journal of Economics,1993,108(1):33-60.
- [20] Lewis W. Economic development with unlimited supplies of labour [J]. Manchester School,1954,22(2) :158 -172.
- [21] Pigou A C. The economics of welfare[M]. London: Macmillan, 1920.
- [22] Ranis G, Fei J C. A theory of economic development [J]. American Economic Review, 1961, 51(4):533-565.
- [23]李实. 中国特色社会主义收入分配问题[J]. 政治经济学评论, 2020(1) :116-129.
- [24]李实, 罗楚亮. 中国城乡居民收入差距的重新估计[J]. 北京大学学报(哲学社会科学版), 2007(2) :111-120.
- [25]钞小静, 任保平. 城乡收入差距与中国经济增长质量[J]. 财贸研究, 2014(5) :1-9.
- [26]钞小静, 沈坤荣. 城乡收入差距、劳动力质量与中国经济增长[J]. 经济研究, 2014(6) :30-43.
- [27]黄应绘, 田双全. 中国城乡收入差距对社会稳定的效应分析:1986~2008[J]. 统计与决策, 2011(11) :105-108.

- [28] 吴士炜. 城乡收入差距、经济增长与犯罪率[J]. 贵州财经大学学报, 2015(4):103-110.
- [29] 王一鸣. 百年大变局、高质量发展与构建新发展格局[J]. 管理世界, 2020(12):1-13.
- [30] 陈斌开, 曹文举. 从机会均等到结果平等:中国收入分配现状与出路[J]. 经济社会体制比较, 2013(6):44-59.
- [31] 陆铭, 陈钊. 城市化、城市倾向的经济政策与城乡收入差距[J]. 经济研究, 2004(6):50-58.
- [32] 林毅夫, 蔡昉, 李周. 中国的奇迹:发展战略与经济改革[M]. 上海: 上海三联书店、上海人民出版社, 1994.
- [33] 陈斌开, 林毅夫. 发展战略、城市化与中国城乡收入差距[J]. 中国社会科学, 2013(4):81-102.
- [34] 许秀川, 王钊. 城市化、工业化与城乡收入差距互动关系的实证研究[J]. 农业经济问题, 2008(12):65-71.
- [35] 肖卫. 工业化和城市化过程中的城乡收入差距研究——基于中国改革30年的实证分析[J]. 产经评论, 2010(3):33-40.
- [36] 陈秧分, 何琼峰. 城镇化、工业化与城乡收入差距的耦合特征及其影响因素[J]. 经济问题探索, 2016(10):113-120.
- [37] 陈斌开, 张鹏飞, 杨汝岱. 政府教育投入、人力资本投资与中国城乡收入差距[J]. 管理世界, 2010(1):36-43.
- [38] 吕炜, 杨沫, 王岩. 城乡收入差距、城乡教育不平等与政府教育投入[J]. 经济社会体制比较, 2015(3):20-33.
- [39] 方超, 黄斌. 教育人力资本投资能够缩小农村居民的工资性收入差距吗?[J]. 教育与经济, 2017(4):33-41.
- [40] 任远, 陈春林. 农民工收入的人力资本回报与加强对农民工的教育培训研究[J]. 复旦学报(社会科学版), 2010(6):114-121.
- [41] 李昕, 关会娟. 各级教育投入、劳动力转移与城乡居民收入差距[J]. 统计研究, 2018(3):80-92.
- [42] 田盈, 向栩, 潘晓琳. 职业教育能改善城乡收入差距吗?[J]. 教育与经

- 济, 2020(6):51-58.
- [43]陈宗胜. 公有经济发展中的收入分配差别理论模型与假说(II): 两部门模型、总模型及倒U假说[J]. 南开经济研究, 1991(4):13-19.
- [44]国家统计局农调总队课题组. 城乡居民收入差距研究[J]. 经济研究, 1994(12):34-45.
- [45]张桂文, 王旭升. 二元经济结构转换的收入分配效应[J]. 经济学动态, 2008(9):73-76.
- [46]万晓萌. 农村劳动力转移对城乡收入差距影响的空间计量研究[J]. 山西财经大学学报, 2016(3):22-31.
- [47]胡小丽. 农村人口转移对城乡收入差距的影响——基于中国 313 个地级市的经验证据[J]. 财经论丛, 2021(8):3-13.
- [48]范晓非, 王千, 高铁梅. 预期城乡收入差距及其对我国农村劳动力转移的影响[J]. 数量经济技术经济研究, 2013(7):20-35.
- [49]孙早, 侯玉琳. 工业智能化如何重塑劳动力就业结构[J]. 中国工业经济, 2019(5):61-79.
- [50]孔高文, 刘莎莎, 孔东民. 机器人与就业——基于行业与地区异质性的探索性分析[J]. 中国工业经济, 2020(8):80-98.
- [51]王文. 数字经济时代下工业智能化促进了高质量就业吗[J]. 经济学家, 2020(4):89-98.
- [52]杨晓锋. 智能制造是否有助于提升制造业平均工资?——基于 2001~2016 年 17 省工业机器人数据研究[J]. 经济体制改革, 2018(6):169-176.
- [53]赵丹丹, 周世军. 人工智能与劳动力工资——基于工业机器人匹配数据的经验证据[J]. 调研世界, 2021(7):3-12.
- [54]王兵, 王启超. 全要素生产率、资源错配与工业智能化战略——基于广东企业的分析[J]. 广东社会科学, 2019(5):17-26.
- [55]刘亮, 胡国良. 人工智能与全要素生产率——证伪“生产率悖论”的中国证据[J]. 江海学刊, 2020(3):118-123.
- [56]李廉水, 鲍怡发, 刘军. 智能化对中国制造业全要素生产率的影响研究[J]. 科学学研究, 2020(4):609-618.

- [57]魏玮,张万里,宣旸.劳动力结构、工业智能与全要素生产率——基于我国2004—2016年省级面板数据的分析[J].陕西师范大学学报(哲学社会科学版),2020(4):143-155.
- [58]陈永伟,曾昭睿.机器人与生产率:基于省级面板数据的分析[J].山东大学学报(哲学社会科学版),2020(2):82-97.
- [59]范晓男,孟繁琨,鲍晓娜,曲刚.人工智能对制造企业是否存在“生产率悖论”[J].科技进步与对策,2020(14):125-134.
- [60]郑琼洁,王高凤.人工智能技术应用与中国制造业企业生产率——兼对“生产率悖论”的再检验[J].学习与实践,2021(11):59-69.
- [61]宋冬林,王林辉,董直庆.技能偏向型技术进步存在吗?——来自中国的经验证据[J].经济研究,2010(5):68-81.
- [62]董直庆,蔡啸,王林辉.技能溢价:基于技术进步方向的解释[J].中国社会科学,2014(10):22-40.
- [63]蔡跃洲,陈楠.新技术革命下人工智能与高质量增长、高质量就业[J].数量经济技术经济研究,2019(5):3-22.
- [64]朱琪,刘红英.人工智能技术变革的收入分配效应研究:前沿进展与综述[J].中国人口科学,2020(2):111-125.
- [65]惠炜,姜伟.人工智能、劳动力就业与收入分配:回顾与展望[J].北京工业大学学报(社会科学版),2020(5):77-86.
- [66]邓翔,黄志.人工智能技术创新对行业收入差距的效应分析——来自中国行业层面的经验证据[J].软科学,2019(11):1-5.
- [67]王林辉,胡晟明,董直庆.人工智能技术会诱致劳动收入不平等吗——模型推演与分类评估[J].中国工业经济,2020(4):97-115.
- [68]杜传文,李晴,芮明杰,吕洁.大规模工业机器人应用与异质性技能劳动力之间的替代互补关系[J].中国科技论坛,2018(8):174-182.
- [69]程虹,王泽宇,陈佳.机器人与工资:基于劳动力质量中介效应的解释——来自中国企业综合调查(CEGS)的经验证据[J].宏观质量研究,2020(3):1-13.
- [70]范洪敏,穆怀中.环境规制对城镇二元劳动力就业的影响——基于劳动力市场分割视角[J].经济理论与经济管理,2017(2):34-47.

- [71] 钞小静, 周文慧. 人工智能对劳动收入份额的影响研究——基于技能偏向性视角的理论阐释与实证检验[J]. 经济与管理研究, 2021(2):82-94.
- [72] 魏建, 徐恺岳. 人工智能技术发展对城乡收入差距的影响[J]. 浙江工商大学学报, 2021(4):84-96.
- [73] 马红旗, 黄桂田, 王韧. 物质资本的积累对我国城乡收入差距的影响——基于资本—技能互补视角[J]. 管理世界, 2017(4):32-46.
- [74] 何爱平, 李清华. 新中国成立 70 年来我国城乡居民收入差距历史变迁与未来展望[J]. 经济纵横, 2019(10):16-23.
- [75] 王建国, 李实. 大城市的农民工工资水平高吗?[J]. 管理世界, 2015(1):51-62.
- [76] 杨志明. 中国特色农民工发展研究[J]. 中国农村经济, 2017(10):38-48.
- [77] 张学英. 农民工的就业环境变迁及技能发展应对[J]. 教育学术月刊, 2018(3):42-51.
- [78] 张跃. 政府干预、经济集聚与城乡收入差距[J]. 广东财经大学学报, 2020(1):4-15.
- [79] 张应良, 徐亚东. 金融发展、劳动收入分配与城乡收入差距——基于省级面板数据的实证分析[J]. 改革, 2020(11):135-146.
- [80] 许永洪, 萧珍丽, 朱建平. 教育缓解了收入分配不平衡吗[J]. 数理统计与管理, 2019(4):704-718.
- [81] 程名望, 张家平. 互联网普及与城乡收入差距:理论与实证[J]. 中国农村经济, 2019(2):19-41.
- [82] 李谷成, 李焯阳, 周晓时. 农业机械化、劳动力转移与农民收入增长——孰因孰果?[J]. 中国农村经济, 2018(11):112-127.
- [83] 江鑫, 黄乾. 乡村公路、人口城市化和乡村包容性经济增长[J]. 南方经济, 2020(4):62-83.
- [84] 王俊, 刘东. 中国居民收入差距与需求推动下的技术创新[J]. 中国人口科学, 2009(5):58-67.
- [85] 王少平, 欧阳志刚. 我国城乡收入差距的度量及其对经济增长的效应[J]. 经济研究, 2007(10):44-55.
- [86] 温忠麟, 叶宝娟. 中介效应分析:方法和模型发展[J]. 心理科学进

- 展, 2014(5):731-745.
- [87]陆雪琴, 文雁兵. 偏向型技术进步、技能结构与溢价逆转——基于中国省级面板数据的经验研究[J]. 中国工业经济, 2013(10):18-30.
- [88]韩民春, 乔刚. 工业机器人对中国区域经济的异质性影响研究——基于新结构经济学的视角[J]. 技术经济, 2020(8):85-94.
- [89]陈冲, 郭媚媚. 环境规制与产业结构升级:影响机理与实证检验[J]. 兰州财经大学学报, 2020(4):103-113.
- [90]王小鲁, 樊纲, 余静文. 中国分省份市场化指数报告(2016) [M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2016:5.
- [91]黄祖辉, 刘桢. 资本积累、城乡收入差距与农村居民教育投资[J]. 中国人口科学, 2019(6):71-83.

致 谢

三年前，并非是我与兰州交集的开始。早在孩童时期，曾兰州当兵的父亲就经常提及这里，提及兴隆山，提及兰州，提及西北。虽已离开多年，但部队大院一草一木，一屋一瓦他都记得清清楚楚。常言若有时间，定要故地重游，回兰州走一走。这份情感我曾不解，甚至前几日也会如此。但当下突然意识到不日就要离兰，此刻的我似乎多多少少明白了些。今后，我将与父亲一样，过往经历中烙印着兰州，与它有着剪不断的联系。我会铭记这段兰州求学时光，同时感谢这三年旅途中的每一个人，正是他们的出现让这段旅途变得完整，让人难忘。

学为人师，行为世范。感谢导师陈冲老师！毕业论文从初期选题至最终定稿，离不开陈老师的精心指导与耐心帮助，在我多次迷茫之时，老师总会为我答疑解惑并提出中肯建议。感谢陈老师三年以来对我的谆谆教导！您循循善诱，每周组织我们阅读论文，从启发到自发，从一头雾水到逐渐理解，您是我们学习与成长之路的“擎灯人”。春风化雨，润物无声。陈老师丰富的学识储备、卓越的研究素养与扎实的工作作风深深感染和激励着我，让我在科研学习和为人处世方面受益匪浅。

同时，感谢张存刚老师、刘建国老师、张永凯老师、杨迎军老师、赵桂婷老师、何业嘉老师……老师们的传道解惑与言传身教，使我的知识储备得以丰富，眼界视野得以拓展，也让我更加理解“经世济民”的含义。感谢母校提供的学习资源与平台，校训“博修商道”牢记于心，母校七秩华诞将至，祝愿母校桃李满天下，创造新辉煌。

三载春秋，相互陪伴。感谢室友王俊超和李伟的相伴，一起经历，一起奋斗，一起度过这欢乐且难忘的三年时光。感谢同窗好友任可、徐恒、范玄玄，是你们让我的硕士生涯变得丰富多彩。感谢同门王星星与各位师兄、师姐、师弟、师妹给予的鼓励和帮助，师门情谊，铭记于心。感谢经济学院其他诸位伙伴，人海茫茫，得以相遇，何其有幸。

亲人之情，山高海深。感谢我的父母，真心感恩你们温暖的鼓励与无条件的支持，使我拥有最强大的后盾，勇于突破，不断向前奔跑。感谢我的爷爷奶奶，每每与家中视频，你们都会再三叮嘱我要吃饱穿暖和注意身体，这次次的关心与惦记充满亲情的温暖。感谢小谭老师，你的加油打气让我积极乐观，你的陪伴支

持使我坚持不懈，感谢你的包容与理解。

千言万语终觉词不达意，感谢一切的相遇，让我收获，让我成长。我相信，一段旅途的结束将是另篇崭新故事的开始，愿自己不负韶华，砥砺前行！